৪র্থ চতুর্থ অধ্যায়

কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি

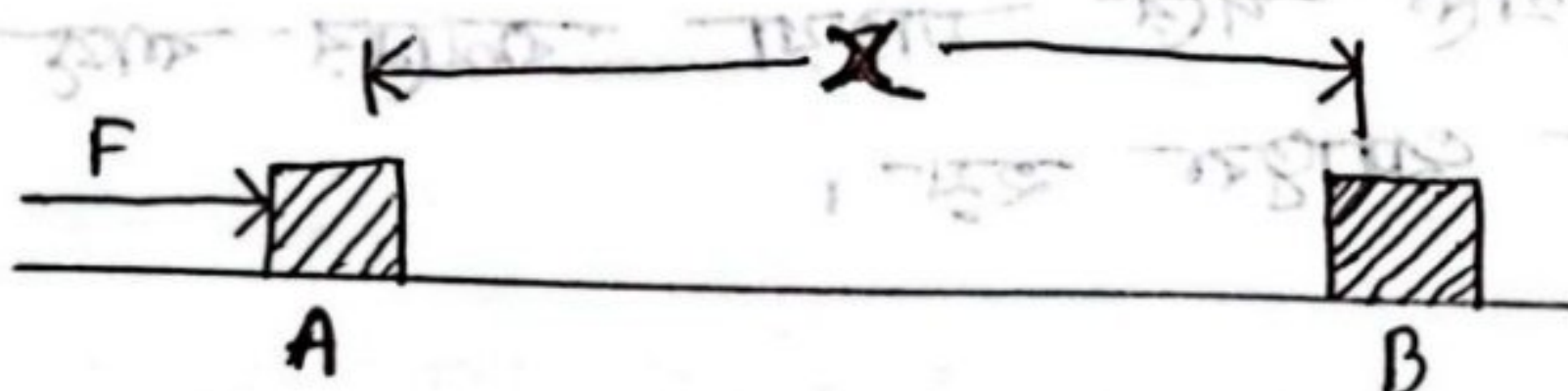
কাজ

*** কোন বস্তুর উপর বল প্রয়োগে যদি সরণ ঘটে তবে বল ও সরণের উপাংশের গুনফলকে কাজ বলে।

কাজকে W দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

MKS পদ্ধতিতে ইহার একক J কিংবা N m.

* কাজ একটি স্কেলার রাশি।

F → [A] ←— x —→ [B]

কোন বস্তুর উপর F বল প্রয়োগে ইহার সরণ যদি x হয় তবে কাজের পরিমান;

$$W = Fx.$$

অর্থাৎ কাজ = বল × সরণ।

$W = Fx$

$W = max$

$W = mas$

$W = mgh$

$W = E$

$W = mc^2$

$W = E_k$

$W = E_p$

$W = E_k = E_p.$

* কাজের প্রকারভেদ :

কাজ-কে ২ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা।

(i) ধনাত্মক কাজ বা বলের অনুকূলে কাজ।
আভিমুখে

(ii) ঋণাত্মক কাজ বা বলের বিপরীতে কাজ।

(i) ধনাত্মক কাজ : বল প্রয়োগে কোন বস্তুর সরণ যদি বলের অভিমুখে ঘটে, বল ও সরণের উপাংশের গুনফলকে ধনাত্মক কাজ বলে।

Ex. টেবিল থেকে পড়ে যাওয়া কলমের কাজ অভিকর্ষ বলের সাপেক্ষে ধনাত্মক হয়।

(ii) ঋণাত্মক কাজ : বল প্রয়োগে কোন বস্তুর সরণ যদি বলের বিপরীত ঘটে, তবে বল ও সরণের উপাংশের গুনফলকে ঋণাত্মক কাজ বলে।

Ex. মেঝেতে পড়ে থাকা কলম টেবিলে তুললে অভিকর্ষ বলের সাপেক্ষে ঋণাত্মক কাজ সম্পাদিত হয়।

*** আনত তলের ক্ষেত্রে কাজ :

* সূত্র প্রতিপাদন

মনেকরি কোন বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করায় উহার সরণ আনুভূমিক বরাবর না হয়ে এর সাথে θ (থিটা)

কোন উৎপন্ন করে A বিন্দুতে পৌঁছায়। A বিন্দু থেকে ভূমির উপর লম্ব অংকন করলে ABC একটি সমকোণী ত্রিভুজ পাওয়া যায় যেখানে $AB = S$

$BC = x$

$\angle ABC = \theta$

কাজের সংজ্ঞানুসারে পাই;

$$W = Fx \quad \text{——— (i)}$$

এখন ΔABC হতে পাই;

$$\cos\angle ABC = \frac{BC}{AB}.$$

$$\therefore x = S\cos\theta \quad \text{——— (ii)}$$

(i) ও (ii) হতে পাই;

আনত তলের কৃত কাজ, $W = FS\cos\theta$

উপরোক্ত সমীকরণে $S\cos\theta$ এর মান ধনাত্মক হবে না কি ঋণাত্মক হবে তা নির্ভর করবে $\cos\theta$ উপর।

অর্থাৎ $\cos\theta$ ধনাত্মক হলে $S\cos\theta$ ধনাত্মক হবে আর $\cos\theta$ ঋণাত্মক হলে $S\cos\theta$ ঋণাত্মক হবে।

* $\cos\theta$ ধনাত্মক নাকি ঋণাত্মক তা নির্ভর করে θ এর উপর।

যখন,

$0° < \theta < 90°$ তখন $\cos\theta$ ধনাত্মক হয়।

$90° < \theta \leq 180°$ তখন $\cos\theta$ ঋণাত্মক হয়।

$180° \leq \theta \leq 270°$ তখন $\cos\theta$ ঋণাত্মক হয়।

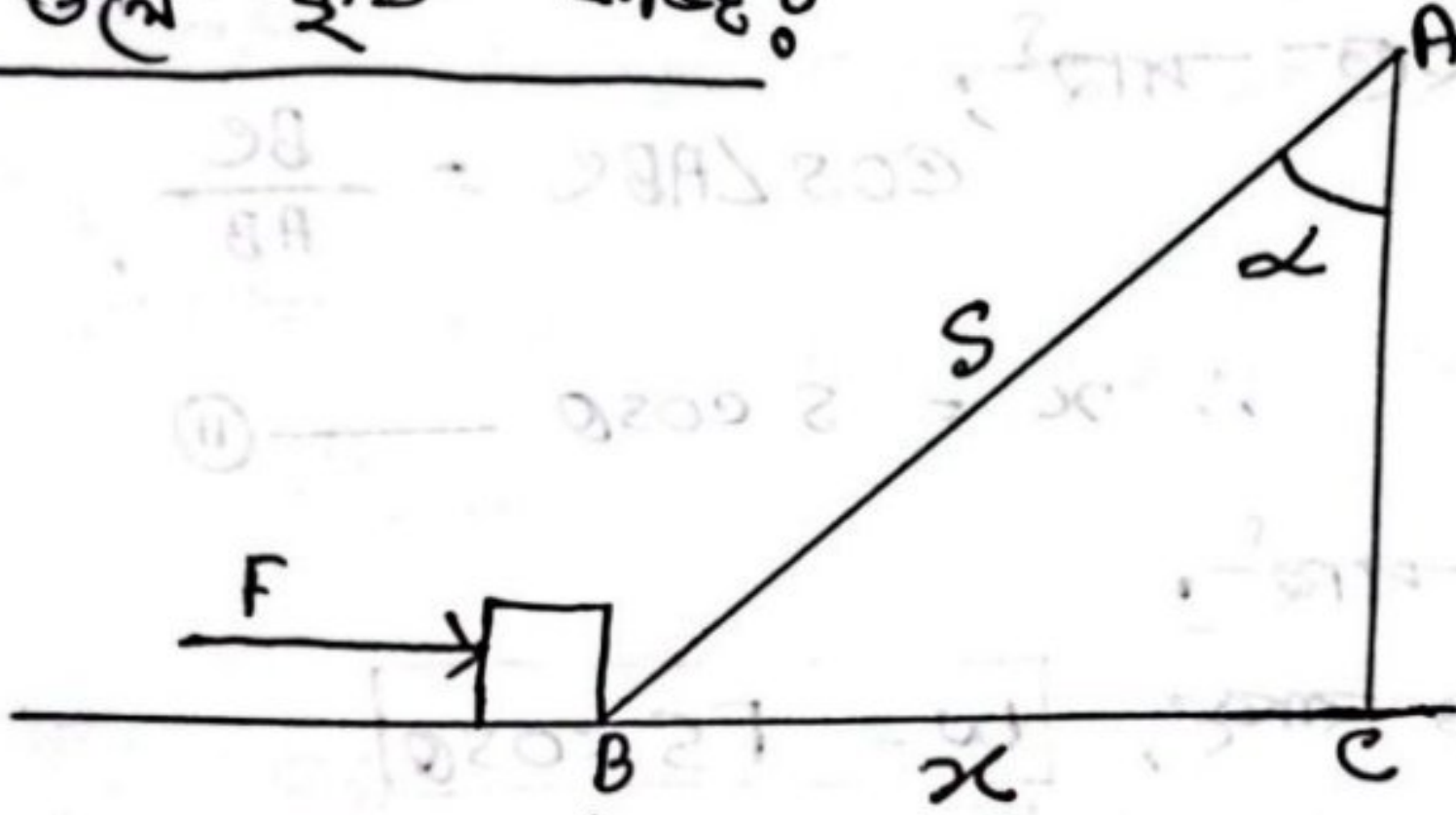
$270° < \theta \leq 360°$ তখন $\cos\theta$ ধনাত্মক হয়।

আবার, যখন

$-360° < \theta < -270°$ তখন $\cos\theta$ ধনাত্মক হয়।

$-270° < \theta \leq -180°$ তখন $\cos\theta$ ঋণাত্মক হয়।

$-180° \leq \theta < -90°$ তখন $\cos\theta$ ঋণাত্মক হয়।

$-90° < \theta \leq 0°$ তখন $\cos\theta$ ধনাত্মক হয়।

27.08.2023

*** উলম্ব তলে কৃত কাজঃ

মনেকরি কোন বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করায় ইহার সরণ আনুভূমিক বরাবর না হয়ে উলম্ব তলের সাথে α (আলফা) কোন উৎপন্ন করে s দূরত্ব অতিক্রম করে A বিন্দুতে পৌছায়। A বিন্দুতে হতে ভূমির উপর লম্ব অংকন করলে ABC একটি সমকোণী ত্রিভুজ পাওয়া যায় যেখানেঃ

$AB = s.$

$BC = x.$

$\angle BAC = \alpha.$

কাজের সংজ্ঞানুসারে পাই;

$$W = Fx \quad \text{———} (i)$$

এখন $\triangle ABC$ হতে পাই;

$$\sin\angle BAC = \frac{BC}{AB}$$

$$\text{বা, } \sin\alpha = \frac{x}{s}.$$

$$\therefore x = s\sin\alpha. \quad \text{———} (ii)$$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ হতে পাই-উলম্ব তলের ক্ষেত্রে

$$\boxed{w = Fs\sin\alpha}.$$

উপরোক্ত সমীকরণে $s\sin\alpha$ এর মান ধনাত্মক হবে নাকি ঋণাত্মক হবে তা নির্ভর করবে $\sin\alpha$ এর উপর। অর্থাৎ, $\sin\alpha$ ধনাত্মক হলে $s\sin\alpha$ ধনাত্মক হবে এবং $\sin\alpha$ ঋণাত্মক হলে $s\sin\alpha$ ঋণাত্মক হবে।

$\sin\alpha$ ধনাত্মক হবে না কি ঋণাত্মক হবে তা নির্ভর করবে α এর মানের উপর।

90°, sin+, sin+, 180°, 0°, 360°, sin−, sin−, 270°

$0° < \alpha \leq 90°$ তখন $\sin\alpha$ ধনাত্মক হবে।

$90° \leq \alpha < 180°$ তখন $\sin\alpha$ ধনাত্মক হবে।

$180° < \alpha \leq 270$ তখন $\sin\alpha$ ঋণাত্মক হবে।

$270° \leq \alpha < 360°$ তখন $\sin\alpha$ ঋণাত্মক হবে।

−270°, sin+, sin+, −180°, −360°, 0°, sin−, sin−, −90°

$-360° < \alpha \leq -270°$ তখন $\sin\alpha$ ধনাত্মক হবে।

$-270° \leq \alpha < -180°$ তখন $\sin\alpha$ ধনাত্মক হবে।

$-180° < \alpha \leq -90$ তখন $\sin\alpha$ ঋণাত্মক হবে।

$-90° \leq \alpha < 0$ তখন $\sin\alpha$ ঋণাত্মক হবে।

Q. কেন্দ্রমুখী বল একটি কার্যহীন বল ব্যাখ্যা কর। (খ)

Ans.

যে বলের ক্রিয়ায় কোন বস্তু সমদ্রুতিতে বৃত্তপথে চলতে থাকে এবং যে বল সবসময় বস্তুর গতিপথের সাথে লম্বভাবে ভিতরের দিকে অর্থাৎ কেন্দ্রাভিমুখে ক্রিয়া করে তাকে কেন্দ্রমুখী বল বলে।

কেন্দ্রমুখী বলের দ্বারা কৃত কাজ W হলে:

$W = FS\cos\theta$

বা, $W = FS\cos 90°$

$\therefore W = 0 \quad [\because \cos 90° = 0]$

$\therefore$ কেন্দ্রমুখী বল গতিপথের সাথে লম্বভাবে ক্রিয়া করায় এটি একটি কার্যহীন বল।

Q. কোন বস্তুর উপর 5 N বল প্রয়োগ করায় বলের অভিমুখে বস্তুটির সরণ 10 m ঘটে।

ক) কাজ কাকে বলে?

খ) কাজ একটি লব্ধ রাশি ব্যাখ্যা কর।

গ) উদ্দীপকের কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

ঘ) বস্তুটি যদি ভূমির সাথে 30° কোণ উৎপন্ন করে 5 m অতিক্রম করত তবে কাজের কিরূপ পরিবর্তন হতো গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[বি: দ্র: উত্তর সৃজনশীল অধ্যায়-]

শক্তি

* সংজ্ঞা: কাজ করার সামর্থ্যকে শক্তি বলে।

ইহাকে E দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অনেক সময় শক্তিকে W দ্বারাও প্রকাশ করা হয়।

MKS পদ্ধতিতে শক্তির একক জুল (J)

* কাজ ও শক্তি একই জাতীয় রাশি এই দুয়ের মাত্রা ও একক অভিন্ন।

শক্তির প্রকার ভেদ

আমাদের চারপাশে বিভিন্ন ধরণের শক্তি দেখতে পাই। শক্তিকে নিম্নোক্ত কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা-

(i) যান্ত্রিক শক্তি।

(ii) তাপ শক্তি।

(iii) শব্দ শক্তি।

(iv) আলোক শক্তি।

(v) চুম্বক শক্তি।

(vi) বিদ্যুৎ/তড়িৎ শক্তি।

(vii) রাসায়নিক শক্তি।

(viii) নিউক্লিও শক্তি।

(ix) সৌর শক্তি।

*** পুনরুৎপাদনের দিক থেকে শক্তিকে ২ ভাগে ভাগ করা যায়, যথা- (i) নবায়নযোগ্য শক্তি।

(ii) অনবায়নযোগ্য শক্তি।

(i) নবায়নযোগ্য শক্তি: যে সকল শক্তি একবার ব্যবহার করার পরেও পুনরায় ব্যবহার করা যায় তাকে নবায়নযোগ্য শক্তি বলে।

Ex. বায়োগ্যাস, সৌরশক্তি, জলবিদ্যুৎ, বায়ু শক্তি, জিওথারমাল।

(ii) অনবায়নযোগ্য শক্তি: যে সকল শক্তি একবার ব্যবহার করার পরে আর ব্যবহার করা যায় না একেবারে নিঃশেষ হয়ে যায় তাকে অনবায়নযোগ্য শক্তি বলে।

Ex. তেল, গ্যাস, কয়লা, নিউক্লিয় শক্তি।

বিঃদ্রঃ
* বিস্তারিত জানতে পাঠ্য বইয়ের ১০৯-১১২ পৃঃ পর্যন্ত পড়তে হবে।

(i) যান্ত্রিক শক্তি: বস্তুর অবস্থান, আকার, এবং গতির কারণে যে শক্তি পাওয়া যায় তাকে যান্ত্রিক শক্তি বলে।

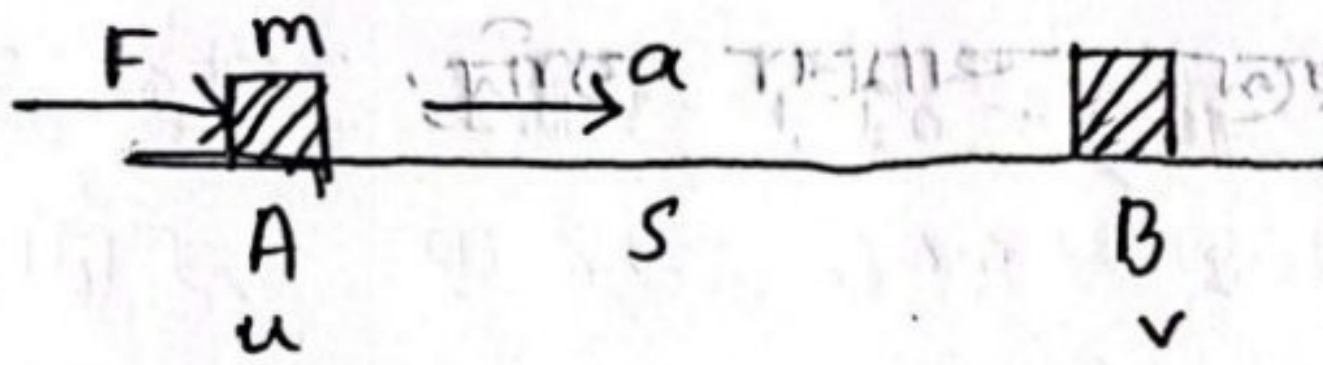
যান্ত্রিক শক্তির প্রকারভেদ

যান্ত্রিক শক্তি ২ ভাগে বিভক্ত।

1. গতি শক্তি।
2. বিভব শক্তি / স্থিতিশক্তি / সংরক্ষিত শক্তি।

1. গতিশক্তি: গতিশীল বস্তুর তার গতির জন্য যে কাজ করার সামর্থ অর্জন করে তাকে গতিশক্তি বলে।

ইহাকে E_K বা K.E বা T দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গতিশক্তির একক হবে J(জুল),

গতিশক্তির রাশিমালা

F m a A S B u v

মনেকরি m ভরের বিশিষ্ট কোন বস্তু u আদিবেগ নিয়ে a ত্বরণে গতিশীল থেকে S দূরত্ব অতিক্রম করে ও শেষবেগ v প্রাপ্ত হয়।

বস্তুটির উপর F বল প্রযুক্ত হলে ইহার দ্বারা কৃত কাজই হবে গতিশক্তির সমান। অর্থাৎ,

$$E_K = W$$

বা, $E_K = Fs$

বা, $E_K = mas$ ——— (i)

এখন, গতির (4) নং সমীকরণ হতে পাই;

$$v^2 = u^2 + 2as$$

বা, $as = \frac{v^2 - u^2}{2}$ ——— (ii)

(i) ও (ii) হতে পাই;

$$E_K = m\left(\frac{v^2 - u^2}{2}\right)$$

বা, $E_K = \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$ ——— (iii)

এখন কোন বস্তু স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করলে u = 0 হবে u এর মান (iii) নং এ বসিয়ে পাই;

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

৫. গতিশক্তি কখনও ঋণাত্মক হতে পারে না ব্যাখ্যা কর। (৩য়)

= গতিশীল বস্তু তার গতির জন্য যে শক্তি লাভ করে তাকে গতিশক্তি বলে।

গতিশক্তি E_K হলে আমরা জানি,

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2$$

এখানে m সর্বদাই ধনাত্মক কিন্তু v এর মান ধনাত্মক কিংবা ঋণাত্মক হলেও v^2 এর মান সর্বদাই ধনাত্মক হবে।

সুতরাং গতিশক্তি কখনই ঋণাত্মক হতে পারে না।

২. বিভব শক্তি/স্থিতিশক্তি: কোন বস্তুকে স্বাভাবিক অবস্থান থেকে অন্য কোন অবস্থায় বা অবস্থানে আনতে যে কাজ করার সামর্থ অর্জন করে তাকে বিভব/স্থিতি/স্থিতি শক্তি বলে।

ইহাকে E_p বা P.E বা V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বিভবশক্তিকে ৩ ভাগে ভাগ করা যায়।

(i) অভিকর্ষজ বিভব শক্তি / অভিকর্ষজ স্থিতি শক্তি,

(ii) স্থিতি স্থাপক বিভব শক্তি।

(iii) তড়িৎ বিভব শক্তি।

(i) অভিকর্ষজ বিভব শক্তি: অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কোন বস্তুকে উপরে উঠাতে যে কাজ সাধিত হয় তাকে অভিকর্ষজ বিভব শক্তি বলে।

অভিকর্ষজ বিভব শক্তির রাশিমালা

m

h

মনেকরি m ভরের বস্তু ভূপৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় উঠানো হলো। বস্তুটি কর্তৃক কৃত কাজই হবে অভিকর্ষজ বিভব শক্তির সমান। অর্থাৎ অভিকর্ষজ বিভব শক্তি E_p হলে;

$$E_p = W$$

বা, $E_p = Fh$

বা, $\boxed{E_p = mgh.}$

Q1. একই স্থানে বস্তুর বিভব শক্তি এর উচ্চতার উপর নির্ভরশীল ব্যাখ্যা কর। (খ)

উঃ কোন বস্তুকে স্বাভাবিক অবস্থান থেকে অন্য কোন অবস্থায় বা অবস্থানে আনতে যে কাজ করার সামর্থ অর্জন করে তাকে বিভবশক্তি বলে।

আমরা জানি; বিভব শক্তি $E_p = mgh$.

বা, $E_p \propto h$. [∵ m ও g হচ্ছে ধ্রুবক]

এখানে যেহেতু $E_p \propto h$। তাই উচ্চতা বাড়লে বিভব শক্তি বাড়বে এবং উচ্চতা কমলে বিভব শক্তি কমবে। তাই একই স্থানে বস্তুর বিভব শক্তি এর উচ্চতার উপর নির্ভরশীল।

Q2. পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানের একই উচ্চতায় বস্তুর বিভব শক্তি ভিন্ন ভিন্ন হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। (খ)

⇒ কোন বস্তুকে স্বাভাবিক অবস্থান হতে অন্য কোন অবস্থায় বা অবস্থানে আনতে যে কাজ করার সামর্থ অর্জন করে তাকে বিভব শক্তি বলে।

আমরা জানি,

বিভবশক্তি $E_p = mgh$.

এখানে, পৃথিবীর সব জায়গাতেই g এর মান সমান নয়। তাই উচ্চতা (h) একই কিন্তু অভিকর্ষজ ত্বরণ (g) ভিন্ন হলে পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানের একই উচ্চতায় বস্তু বিভব শক্তি (E_p) ভিন্ন ভিন্ন হবে।

Q3. একটি বস্তুর বিভব শক্তি কিভাবে শূন্য (0) হয়? ব্যাখ্যা কর। (খ) (গ)

= প্রমান অবস্থান বা আকৃতি থেকে বস্তুকে অন্য অবস্থানে বা আকৃতিতে নিয়ে যেতে বস্তুটির উপর সবসময়ই কোন বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। এই কাজ বস্তুটিতে বিভব শক্তি রূপে সঞ্চিত থাকে। বস্তুটি তার প্রমান অবস্থান বা আকৃতিতে ফিরে আসতে এই বিভব শক্তির জন্য নিজে কাজ করতে পারে। নিজে কাজ করায় বস্তুটির বিভব শক্তি ক্রমশ হ্রাস পায়। হ্রাস পেতে পেতে প্রমান অবস্থানে আসতে বস্তুটির বিভবশক্তি 0 (শূন্য) হয়। এই অবস্থায় বস্তুটি আর কাজ করতে পারে না, তখন বস্তুটির বিভব শক্তি শূন্য হয়।

Q1. একটি 10 kg ভরের একটি বস্তুর বেগ 15.0 ms^{-1} হলে বস্তুটির গতিশক্তি কত? (গ)

Q2. 50 m উচ্চতা হতে 10 kg ভরের বস্তুকে ভূপৃষ্ঠে ফেলে দিলে এটি কত গতিশক্তিতে মাটিতে আঘাত করবে? (গ) $u, g, h = v$

Q3. 5 kg ভরের একটি বস্তু 10 ms^{-1} বেগ হতে 25 ms^{-1} বেগ প্রাপ্ত হয়। বস্তুটি কিরূপ গতিশক্তি পরিবর্তন করে? (গ) $\frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$

Q4. 15kg ভরবিশিষ্ট কোন বস্তু স্থির অবস্থান হতে 5 ms^{-2} ত্বরণে 2s গতিশীল হওয়ার পর তার গতিশক্তি নির্ণয় কর? (গ) $v = u + at$

Q5. 20 kg ভরের কোন বস্তু 5 min এ 10 m পথ সমবেগে চলার পর এর গতিশক্তি কিরূপ হবে? (গ)

Q6. 300 m উচ্চতা হতে 90 kg ভরের কোন বস্তুকে ফেলে দেয়া হলে $\frac{1}{3}$ অংশ পথ অতিক্রম করার পর বস্তুটির যান্ত্রিক শক্তি হিসাব কর। (ঘ)

Q7. কোনো বস্তুকে 900 m উপর থেকে ছেড়ে দেয়া হলে, ভূপৃষ্ঠ থেকে কত উচ্চতায় বস্তুটির বিভবশক্তি তার গতিশক্তির দ্বিগুণ হবে?

Q1. 10 kg ভরের একটি বস্তুর বেগ 150 ms^{-1} হলে বস্তুটির গতিশক্তি নির্ণয় কর।

⇒ বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে;

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 150^2$$

~~= 750 J~~

$$= 112500 \text{ J}$$

এখানে;
$m = 10$ kg.
$v = 150$ ms^{-1}
$E_k = ?$

∴ 10 kg ভরের বস্তুটির গতিশক্তি ~~150~~ J.

Q2. 50 m উচ্চতা হতে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠে ফেলে দিলে মাটি কত গতিশক্তি মাটিতে আঘাত করবে?

⇒ বস্তুটির শেষবেগ v হলে;

$$v^2 = u^2 + 2gh.$$

বা, $v = \sqrt{u^2 + 2gh}$

$$= \sqrt{0 + 2 \times 9.8 \times 50}$$

$$= \sqrt{980}$$

$$= 31.3 \text{ } ms^{-1}$$

এখানে;
$u = 0$ ms^{-1}
$g = 9.8$ ms^{-2}
$h = 50$ m.
$v = ?$

∴ বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে;

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times (31.3)^2$$

$$= 4898.45 \text{ J}$$

এখানে;
$m = 10$ kg.
$v = 31.3$ ms^{-1}
$E_k = ?$

∴ বস্তুটি 4898.45 গতিশক্তিতে মাটিতে আঘাত করবে।

Q3. 5 kg ভরের একটি বস্তু 10 ms^{-1} বেগ হতে 25 ms^{-1} বেগ প্রাপ্ত হয়। বস্তুটির কিরূপ গতিশক্তির পরিবর্তন হবে?

⇒ বস্তুটির গতিশক্তি পরিবর্তন E_K হলে;

$E_k = \frac{1}{2} m (v^2 - u^2)$

$= \frac{1}{2} \times 5 (25^2 - 10^2)$

$= \frac{5}{2} \times 525$

$= 1312.5$ J.

দেওয়া আছে;
m = 5 kg.
u = 10 kg.
v = 25 kg.
E_k = ?

∴ বস্তুটির বেগ 10 ms^{-1} হতে 25 ms^{-1} হলে বস্তুটির গতিশক্তি 1312.5 J পরিবর্তিত হবে।

Q4. 15 kg ভর বিশিষ্ট কোন বস্তু স্থির অবস্থান হতে 5 ms^{-2} ত্বরণে 2s গতিশীল হওয়ার পর তার গতিশক্তি নির্ণয় কর।

⇒ বস্তুটির শেষবেগ v হলে;

$v = u + at$

$= 0 + 5 \times 2$

$= 10 \ ms^{-1}$

দেওয়া আছে;
u = 0 ms^{-1}
a = 5 ms^{-2}
t = 2s.
v = ?

∴ বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে;

$E_k = \frac{1}{2} m v^2$

$= \frac{1}{2} \times 15 \times 10^2$

$= 750$ J

দেওয়া আছে;
m = 15 kg
v = 10 kg.
E_k = ?

∴ বস্তুটির গতিশক্তি 750 J.

Q5. 20 kg ভরের কোন বস্তু 5 min এ 10 m পথ সমবেগে চলার পর এর গতিশক্তি কিরূপ হবে?

⇒ বস্তুটির শেষ বেগ v হলে,

আমরা জানি,

$$s = vt.$$

$$বা,\ v = \frac{s}{t}$$

$$= \frac{10}{300}$$

$$= 2\ ms^{-1}$$

এখানে,
$s = 10\ m.$
$t = 5\ min = 300\ s$
$v = ?$

∴ বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 20 \times 2^2$$

$$= 0.011\ J$$

এখানে,
$m = 20\ kg$
$v = 2\ ms^{-1}$
$E_k = ?$

Q6. 300m উঁচু হতে 90 kg ভরের বস্তুকে ফেলে দেয়া হলে $\frac{1}{3}$ অংশ পথ অতিক্রম করার পর বস্তুটির যান্ত্রিক শক্তি হিসাব কর।

⇒ সর্বোচ্চ উচ্চতা হতে $\frac{1}{3}$ অংশ পথ অতিক্রম করার পর বস্তুটির গতিশক্তি; E_k হলে;

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$
$$= \frac{1}{2}m(u^2 + 2gh)$$
$$= \frac{1}{2}m(0^2 + 2gh)$$
$$= \frac{1}{2}m \cdot 2gh$$
$$= mgh$$
$$= 90 \times 9.8 \times 100$$
$$= 88200 \text{ J}$$

এখানে;
$m = 90$ kg
$g = 9.8$ ms^{-1}
$h = 300 \times \frac{1}{3}$ m $= 100$ m
$u = 0$ ms^{-1}
$E_k = ?$

$\frac{1}{3}$ অংশ পথ অতিক্রম করার পর বস্তুটি ভূপৃষ্ঠ থেকে (300−100) = 200 m উপরে অবস্থান করবে।

200m উপরে বস্তুটির বিভবশক্তি E_p হলে

$$E_p = mgh'$$
$$= 90 \times 9.8 \times 200$$
$$= 176400 \text{ J}$$

এখানে;
$m = 90$ kg
$g = 9.8$ ms^{-2}
$h' = 200$ m
$E_p = ?$

∴ সর্বোচ্চ উচ্চতা হতে $\frac{1}{2}$ অংশ পথ অতিক্রম করার পর বস্তুটির মোট যান্ত্রিক শক্তি E হলে;

$$E = E_k + E_p$$
$$= 88200 + 176400$$
$$= 264600 = 264.4 \times 10^3 \text{ (Ans)}$$

এখানে;
$E_k = 88200$ J
$E_p = 17640$ J

Q7. কোন বস্তুকে 900 m উপর থেকে ছেড়ে দেয়া হলে, ভূপৃষ্ঠ থেকে কত উচ্চতায় বস্তুটির বিভব শক্তি তার গতিশক্তির 2 গুন হবে?

= ধরি ভূপৃষ্ঠ হতে x মিটার উচ্চতায় বিভব শক্তি তার গতিশক্তির দ্বিগুন হবে।

সুতরাং x মিটার উচ্চতায় তথা সর্বোচ্চ উচ্চতা হতে $(900-x)$ মিটার নিচে গতিশক্তি E_k হলে;

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2}m(u^2 + 2gh)$$

$$= \frac{1}{2}m(0^2 + 2gh)$$

$$= \frac{1}{2}m.2gh$$

$$= mgh = mg(900-x).$$

আবার ভূপৃষ্ঠ হতে x উচ্চতায় বস্তুটির বিভব শক্তি E_p হলে,

$$E_p = mgx.$$

প্রশ্নমতে,

$$E_p = 2E_k$$

বা, $mgx = 2mg(900-x)$

বা, $x = 1800 - 2x.$

বা, $3x = 1800.$

বা, $x = \frac{1800}{3}.$

$\therefore x = 600$ m (Ans)

স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি:

স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা হলে বস্তুটির বিকৃতি ঘটে। এই বিকৃতি ঘটাতে সম্পাদিত কাজ বস্তুটির মধ্যে স্থিতি শক্তিরূপে জমা থাকে, একে স্থিতিস্থাপক বিভবশক্তি বলে।
ইহাকে সাধারণত U বা W বা V দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে এর একক J (জুল)।

স্থিতিস্থাপক বল:

স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে বাইরে থেকে বল প্রয়োগে কোনো বস্তুর আকার আকৃতির পরিবর্তন ঘটানোর পর, বল অপসারণ করলে যে বলের কারণে তা আবার পূর্বের আকার আকৃতি ফিরে পায় তাকে স্থিতিস্থাপক বল বলে।

প্রত্যয়নী বল:

স্প্রিং এর এক প্রান্ত কোনো দৃঢ় অবস্থানে আটকে রেখে অপর প্রান্তকে টেনে দৈর্ঘ্য বরাবর বিকৃত করলে স্থিতিস্থাপক ধর্মের দরুণ স্প্রিং এ প্রযুক্ত বলের সমান ও বিপরীতমুখী বল সৃষ্টি হয়। একে প্রত্যয়নী বল বলে। একে F_s দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

স্প্রিং এর বল ধ্রুবক:

স্প্রিং এর একক দৈর্ঘ্য সংকোচন বা প্রসারণের জন্য প্রযুক্ত বলকেই স্প্রিং এর বল ধ্রুবক বলা হয়। ইহাকে K দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.KS পদ্ধতিতে একক Jm^{-2}

স্প্রিং ধ্রুবক ও প্রত্যয়নী বলের সম্পর্ক:

স্প্রিং ধ্রুবক K এবং বল প্রয়োগে স্প্রিং এর সংকোচন বা প্রসারণ x মিটার হলে...

প্রত্যয়নী বল, $F_s \propto -x$ [বলের দিক ও বস্তুর সরণের দিক বিপরীত হওয়ায় ঋণাত্মক চিহ্ন ব্যবহৃত হয়েছে]
=> $F_s = -k\,x$ [এখানে k সমানুপাতিক ধ্রুবক, যাকে স্প্রিং এর বল ধ্রুবক বলে।]

প্রয়োগকৃত বল ও প্রত্যয়নী বলের সম্পর্ক:

প্রয়োগকৃত বল F এবং স্প্রিং এর প্রত্যয়নী বল F_S হলে, নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুযায়ী পাই—

$F = -F_s$

প্রয়োগকৃত বল এবং স্প্রিং ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক:

আমরা জানি,
$F = -F_s$ ....(1)
আবার,
$F_s = -kx$ ....(2)

(1) ও (2) হতে পাই,
$F = -(-kx)$
=> $F = kx$

একক বল:

একক ভরের কোন বস্তুর উপর একক ত্বরণ সৃষ্টি করতে যে বল প্রযুক্ত হয় তাকে একক বল বলে।

ধ্রুব বা স্থির বল:

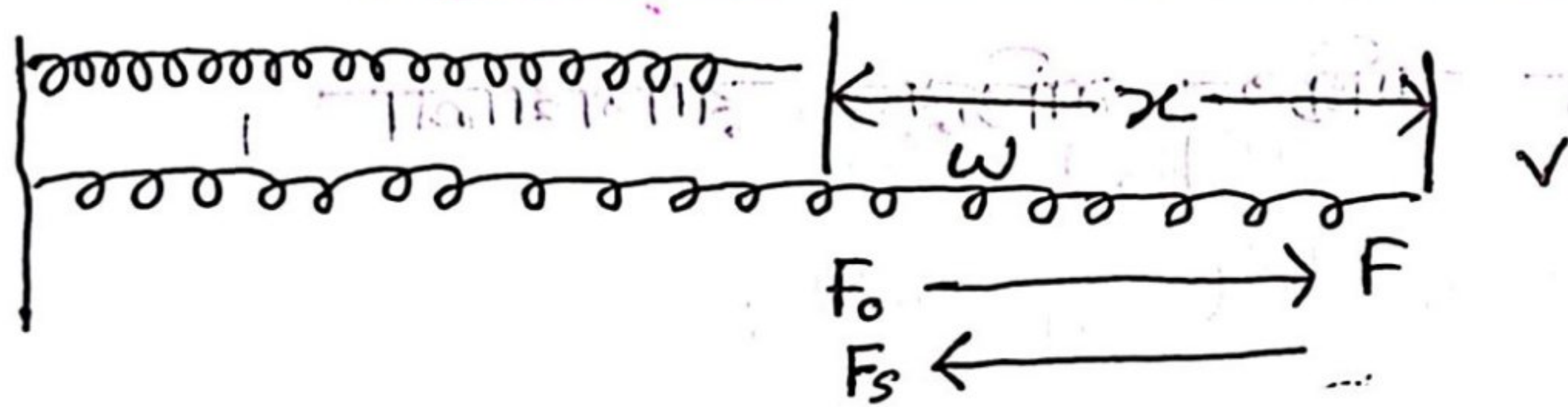
কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল তার ক্রিয়াকালে সর্বত্র ধ্রুব থাকলে অর্থাৎ বলের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকলে তাকে ধ্রুব বা স্থির বল বলে।

পরিবর্তনশীল বল:

কোন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বল তার ক্রিয়াকালে সর্বত্র ধ্রুব না থাকলে অর্থাৎ বলের মান ও দিক অথবা যেকোনো একটির পরিবর্তন হলে তাকে পরিবর্তনশীল বল বলে।

স্প্রিং এর বৈশিষ্ট্য:

স্প্রিং এর একটি বৈশিষ্ট্য হচ্ছে এতে ধ্রুব বল কাজ করে না। তাই স্প্রিং এর শক্তি পরিমাপ করতে হলে পরিবর্তনশীল বল বা গড় বল দ্বারা পরিমাপ করতে হয়।

স্প্রিং এর বিভব শক্তির রাশিমালা

মনেকরি একটি স্প্রিং এর ~~সংকোচন~~ x দৈর্ঘ্য সংকোচন বা প্রসারণ করতে এর উপর প্রযুক্ত প্রাথমিক বল F_0 এবং চূড়ান্ত বল F।

স্প্রিং এর উপর ~~উপর~~ প্রযুক্ত গড় বল $\bar{F}$ হলে;

$$\bar{F} = \frac{F_0 + F}{2}$$

বা, $$\bar{F} = \frac{0 + F}{2}$$

$$\therefore \bar{F} = \frac{F}{2} \quad \text{—— (i)}$$

এখানে;
$F_0 = 0$
$F = F$

স্প্রিং এর কৃতকাজ W হলে এর বিভব শক্তিই হবে কৃতকাজের সমান।

স্প্রিং এর বিভব শক্তি V হলে;

$$V = W$$

বা, $$V = \bar{F}x$$

বা, $$V = \frac{F}{2}x \quad [\text{i নং হতে}]$$

বা, $$V = \frac{1}{2}Fx \quad \text{—— (ii)}$$

আবার, প্রয়োগকৃত বল ও স্প্রিং বল ধ্রুবকের সম্পর্ক হতে পাই;

$$F = Kx \quad \text{——— (iii)}$$

(ii) ও (iii)

$$V = \frac{1}{2} Kx.x$$

বা, $V = \frac{1}{2} Kx^2$

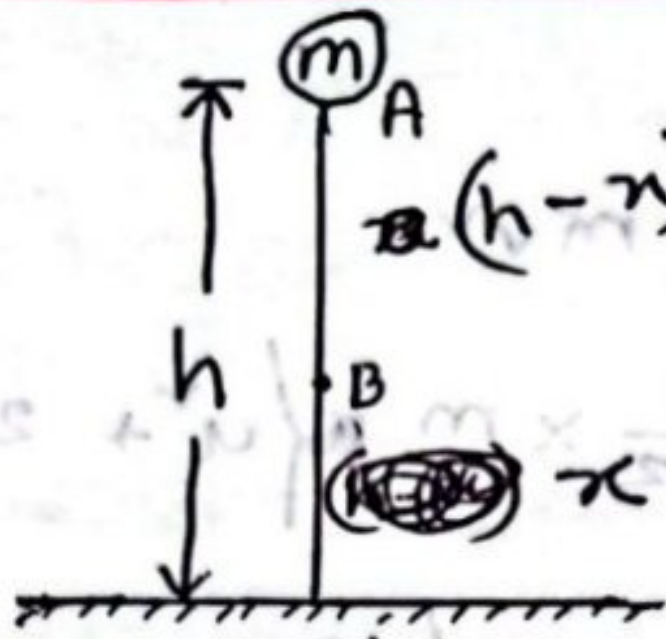
ইহাই স্প্রিং এ সঞ্চিত শক্তির রাশিমালা।

03.07.2023

তড়িৎ বিভব শক্তি

সংজ্ঞা: একক ধনাত্মক চার্জকে বর্তনী বা সার্কিটের এক বিন্দু থেকে অপর বিন্দুতে স্থানান্তর করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পাদিত হয় তাকে তড়িৎ বিভব শক্তি বলে।
ইহাকে V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
MKS পদ্ধতিতে ইহার একক volt (V).

শক্তির সংরক্ষনশীলতা বা নিত্যতার নীতি

মহাবিশ্বের মধ্যে মোট শক্তির পরিমান ধ্রুবক বা অপরিবর্তনশীল। শক্তির সৃষ্টি বা বিনাশ নেই। শক্তি শুধু এক রূপ থেকে অন্য রূপে রূপান্তরিত হতে পারে। ইহাই শক্তির সংরক্ষনশীলতা বা নিত্যতার নীতি।

CamScanner

পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতা

মনেকরি ভূপৃষ্ঠ হতে h উচ্চতায় A বিন্দুতে m ভরের বস্তু অবস্থিত। বস্তুটিকে মুক্তভাবে ভূপৃষ্ঠে পড়তে দেয়া হলো। ভূমি থেকে x মিটার উচ্চতায় B বিন্দুতে মোট শক্তি A বিন্দুর মোট শক্তির সমান হবে। নিচে তা প্রমান করা হলো—

A বিন্দুতে বস্তুটির বিভবশক্তি E_p হলে;

$$E_p = mgh.$$

আবার; A বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে;

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2.$$

$$= \frac{1}{2} \times m \times 0^2$$

$$= 0.$$

A বিন্দুতে মোট শক্তি E_A হলে;

$$E_A = E_p + E_k$$

$$= mgh + 0.$$

$$= mgh.$$

বস্তুটির যাত্রাপথে ভূপৃষ্ঠ হতে x মিটার উচ্চতায় বস্তুটির বিভবশক্তি E_p' হলে;

$$E_p' = mgx.$$

আবার, B বিন্দুতে বস্তুটির গতিশক্তি E_k' হলে;

$$E_k' = \frac{1}{2} m v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times m \{u^2 + 2g(h-x)\}$$

$$= \frac{1}{2} m \{0^2 + 2g(h-x)\}$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot 2g(h-x)$$

$$= mg(h-x)$$

এখন;
B বিন্দুতে মোট শক্তি E_B হলে;

$$E_B = E_p' + E_k'$$

$$= mgx + mg(h-x)$$

$$= mgx + mgh - mgx$$

$$= mgh.$$

অর্থাৎ $E_A = E_B$

অনুরূপভাবে দেখানো যায় বস্তুটির যাত্রাপথে যেকোন বিন্দুতে মোট শক্তির পরিমান ধ্রুবক। সুতরাং বস্তুটি যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতার নীতি মেনে চলে।

সৃজনশীল

ভূপৃষ্ঠ হতে 300 m উচ্চতায় 10 kg ভরের বস্তু A বিন্দুতে অবস্থিত। হঠাৎ পড়তে পড়তে যেকোন বিন্দু B.

ক) অভিকর্ষজ বিভব শক্তি কাকে বলে?

খ) একই উচ্চতায় পৃথিবীর ভিন্ন ভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ বিভব শক্তির মান ভিন্ন ভিন্ন হয় কেন?

গ) ভূপৃষ্ঠ হতে B বিন্দুর উচ্চতা কত হলে বিভব শক্তি গতিশক্তির $\frac{1}{2}$ হবে?

ঘ) উদ্দীপকের বস্তুটি যান্ত্রিক শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি মেনে চলে কিনা গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

* Important

দেখাও যে পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রমে গতিশক্তি যতটুকু বৃদ্ধি পায় বিভবশক্তি ততটুকুই হ্রাস পায়? (গ)

= মনেকরি সর্বোচ্চ উচ্চতায় গতিশক্তি ও বিভবশক্তি যথাক্রমে E_k ও E_p।

∴ সর্বোচ্চ উচ্চতায় মোট শক্তি E_1 হলে,

$$E_1 = E_k + E_p$$

আবার, নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রমে গতিশক্তি ΔE_k পরিমাণ বৃদ্ধিতে বিভবশক্তি ΔE_p পরিমাণ পরিমাণ হ্রাস পায়।

∴ নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রমে বস্তুটির গতিশক্তি ও বিভবশক্তি যথাক্রমে $(E_k + \Delta E_k)$ এবং $(E_p - \Delta E_p)$ হয়।

∴ নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রমে মোট শক্তি E_2 হলে;

$$E_2 = (E_k + \Delta E_k) + (E_p - \Delta E_p).$$

$$\text{বা, } E_2 = E_k + \Delta E_k + E_p - \Delta E_p.$$

শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুসারে পাই;

$$E_1 = E_2;$$

$$\text{বা, } E_k + E_p = E_p + \Delta E_k + E_p - \Delta E_p.$$

$$\text{বা, } E_k + E_p - E_k - E_p + \Delta E_p = \Delta E_k.$$

$$\therefore \Delta E_p = \Delta E_k. \text{ (showed)}$$

CamScanner

(গ) পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ উচ্চতায় বিভবশক্তি এবং ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে গতিশক্তি পরস্পর সমান হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। (৩)

⇒ পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ উচ্চতায় বিভবশক্তি E_p হলে;

$$E_p = mgh \text{ ——— (i)}$$

আবার;

পড়ন্ত বস্তু ভূমি স্পর্শ করা মুহূর্তে গতিশক্তি E_k হলে;

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$
$$= \frac{1}{2}m(u^2 + 2gh)$$
$$= \frac{1}{2}m(0^2 + 2gh)$$
$$= \frac{1}{2}m \cdot 2gh$$
$$= mgh \text{ ——— (ii)}$$

(i) ও (ii) হতে পাই $E_p = E_K$.

∴ পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ উচ্চতায় বিভবশক্তি এবং ভূমি স্পর্শ করার মুহূর্তে গতিশক্তি পরস্পর সমান হবে (বিশ্লেষিত).

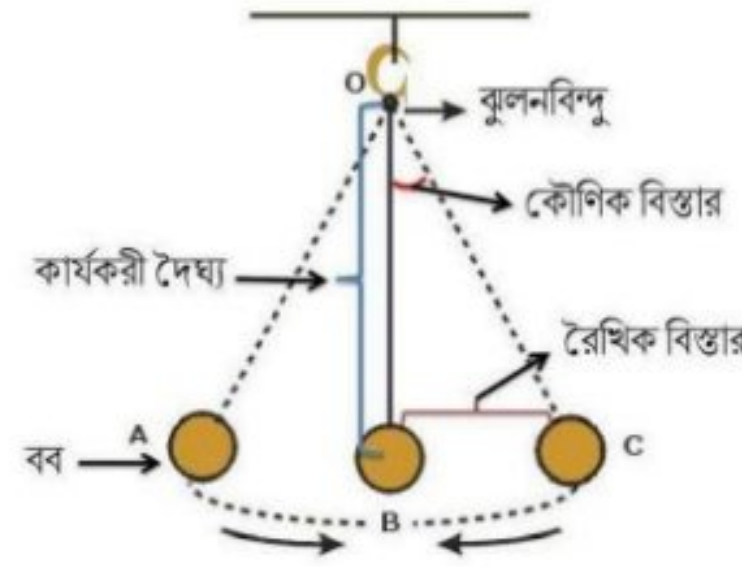
সরল ছন্দিত গতি

কোনো দোলনরত বা স্পন্দনরত কণার ত্বরণ সাম্যবস্থান থেকে এর দূরত্বের সামানুপাতিক ও সবসময় সাম্যবস্থান অভিমূখী হলে ঐ কণার গতিকে ছন্দিত গতি বা সরল ছন্দিত গতি বলে। যেমন, সরল দোলকের গতি।

$F \propto -x$
বা, $ma \propto -x$
বা, $a \propto -x$

সরল দোলক

একটি ভারী আয়তনহীন বস্তুকে অপ্রসারণশীল, ওজনহীন ও নমনীয় সুতার সাহায্যে ঝুলিয়ে দিলে এটি ঘর্ষণ এড়িয়ে স্বাধীনভাবে দুলতে থাকে তবে তাকে সরল দোলক বলে।

বাস্তবে সরল দোলক পাওয়া সম্ভব নয়। কেননা, ভারী আয়তনহীন কোনো বস্তু কিংবা সম্পূর্ণরূপে অপ্রসারণশীল, ওজনহীন ও নমনীয় সুতার অস্তিত্ব নেই। হিসাব নিকাশের সুবিধার্তে এরূপ আদর্শ দোলক কল্পনা করা হয়। সাধারণভাবে একটি হালকা সুতার সাহায্যে কোনো দৃঢ় অবলম্বন থেকে একটি ভারী বস্তু ঝুলিয়ে দিয়ে সরল দোলক তৈরী করা হয়।

কার্যকরী দৈর্ঘ্য

ঝুলন বিন্দু থেকে ববের ভরকেন্দ্র পর্যন্ত দুরত্বকে কার্যকরী দৈর্ঘ্য বা দোলক বলা হয়। একে L দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$L = l + r$$

এখানে,
l = সুতার দৈর্ঘ্য
r = ববের ব্যাসার্ধ

রৈখিক বিস্তার

সরল দোলকের সাম্যবস্থা থেকে যে কোনো এক দিকের সর্বোচ্ছ লম্ব দুরত্বকে বিস্তার বলে।

কৌণিক বিস্তার

সরল দোলকের সাম্যবস্থা থেকে যে কোনো একদিকে সরে কোনো অবস্থানে এসে ঝুলনবিন্দুর সাথে যে কোণ তৈরি করে তাকে কৌণিক বিস্তার বলে।

পূর্ণদোলন

বব এক শেষ প্রান্ত হতে অপর প্রান্তে গিয়ে আবার আগের প্রান্তে ফিরে আসলে তাকে পূর্ণদোলন বলে।

দোলনকাল

একটি পূর্ণদোলন সম্পন্ন করতে সরল দোলকের যে সময় লাগে তাকে দোলনকাল বলে। একে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

N টি পূর্ণ দোলনে সময় লাগে t সেকেন্ড
1 টি পূর্ণ দোলনে সময় লাগে t / N সেকেন্ড
অর্থাৎ সংজ্ঞানুসারে,
দোলনকাল T = t / N

কোনো সরল দোলকের N সংখ্যক পূর্ণ দোলনে যদি t সময় লাগে তাহলে—
দোলনকাল, T = t / N

কম্পাঙ্ক

এক সেকেন্ডে একটি সরল দোলক যে কয়টি পূর্ণদোলন সম্পন্ন করে তাকে তার কম্পাঙ্ক বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একটি সরল দোলক,
T সময়ে পূর্ণ দোলন দেয় 1 টি
1 বা একক সময়ে পূর্ণ দোলন দেয় 1 / T টি
অর্থাৎ সংজ্ঞানুসারে,
কম্পাঙ্ক, f = 1 / T
বা, f = 1 / (t / N)
বা f = N / t

কোনো সরল দোলক t সময়ে N সংখ্যক পূর্ণদোলন সম্পন্ন করলে—

কম্পাঙ্ক, f = N / t
বা, f = 1/ (t / N)
বা, f = 1 / T [T = t / N]

সরল দোলকের সুত্রসমূহ

১ম সুত্র বা সমকাল সুত্র: কৌনিক বিস্তার অল্প হলে এবং দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকলে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে একটি সরলদোলকের প্রতিটি দোলনের জন্য সমান সময় লাগবে।

২য় সুত্র বা দৈর্ঘের সুত্র: কৌনিক বিস্তার অল্প হলে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে সরলদোলকের দোলনকাল এর কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সামানুপাতিক।

অর্থাৎ,
$T \propto \sqrt{L}$ ——————————————(1)

৩য় সুত্র বা ত্বরণের সুত্র: কৌনিক বিস্তার অল্প হলে এবং দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকলে এর দোলনকাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যাস্তানুপাতিক।

অর্থাৎ,
$T \propto 1 / \sqrt{g}$
বা, $T \propto \sqrt{(1 / g)}$ ———————————(2)

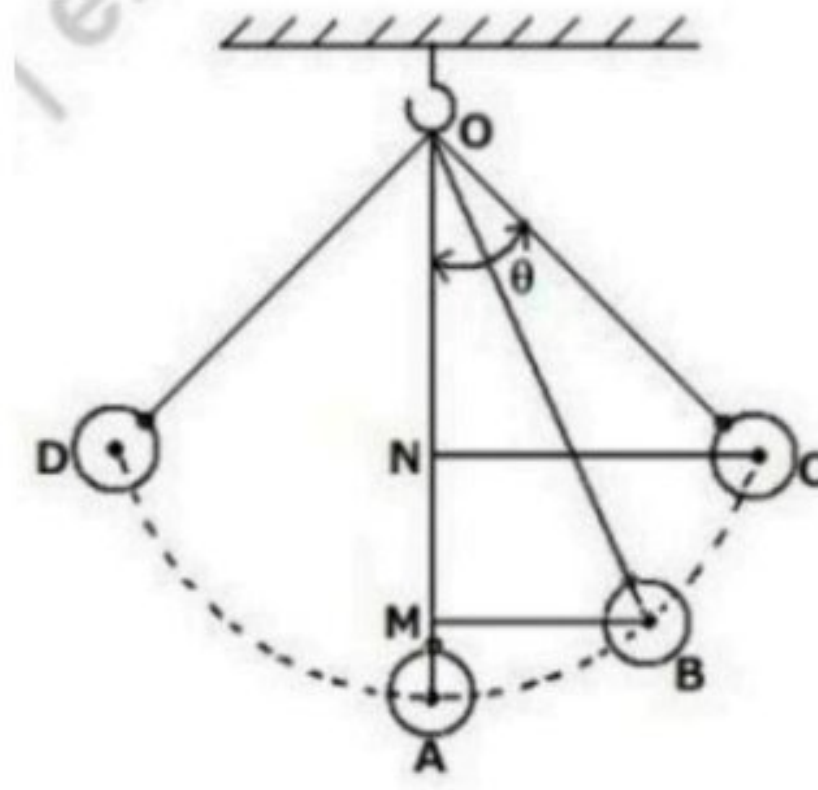
এখন,
সমীকরণ (1) ও (2) হতে পাই,

$T \propto \sqrt{(L / g)}$
বা, T = ধ্রুবক × $\sqrt{(L / g)}$
বা, $T = 2\pi \sqrt{(L / g)}$ [এখানে 2π হচ্ছে ধ্রুবক]

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

৪র্থ সুত্র বা ভরের সুত্র: কৌনিক বিস্তার অল্প হলে এবং দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকলে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে সরল দোলকের দোলনকাল; ববের ভর, আয়তন, উপাদানের উপর নির্ভর করে না।

অনুধাবন ক্যাটাগরির প্রশ্ন:
(১) সরল দোলকের গতিকে স্পন্দন গতি বলা হয় কেনো?
(২) সরল দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে অথবা পৃথিবীর বাইরে নিয়ে গেলে এর দোলনকাল কীরূপ হবে– ব্যাখ্যা করো।

সরল দোলকের ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা

মনে করি, একটি সরল দোলকের সাম্যাবস্থা OA। ববের ভর m। এটি দুলতে দুলতে কোনো এক সময় সর্বোচ্চ বিন্দু C তে পৌছাঁলে ক্ষণিকের জন্য স্থির হবে। C বিন্দু, ববের সাম্যাবস্থান A হতে AN উচ্চতায় অবস্থিত।

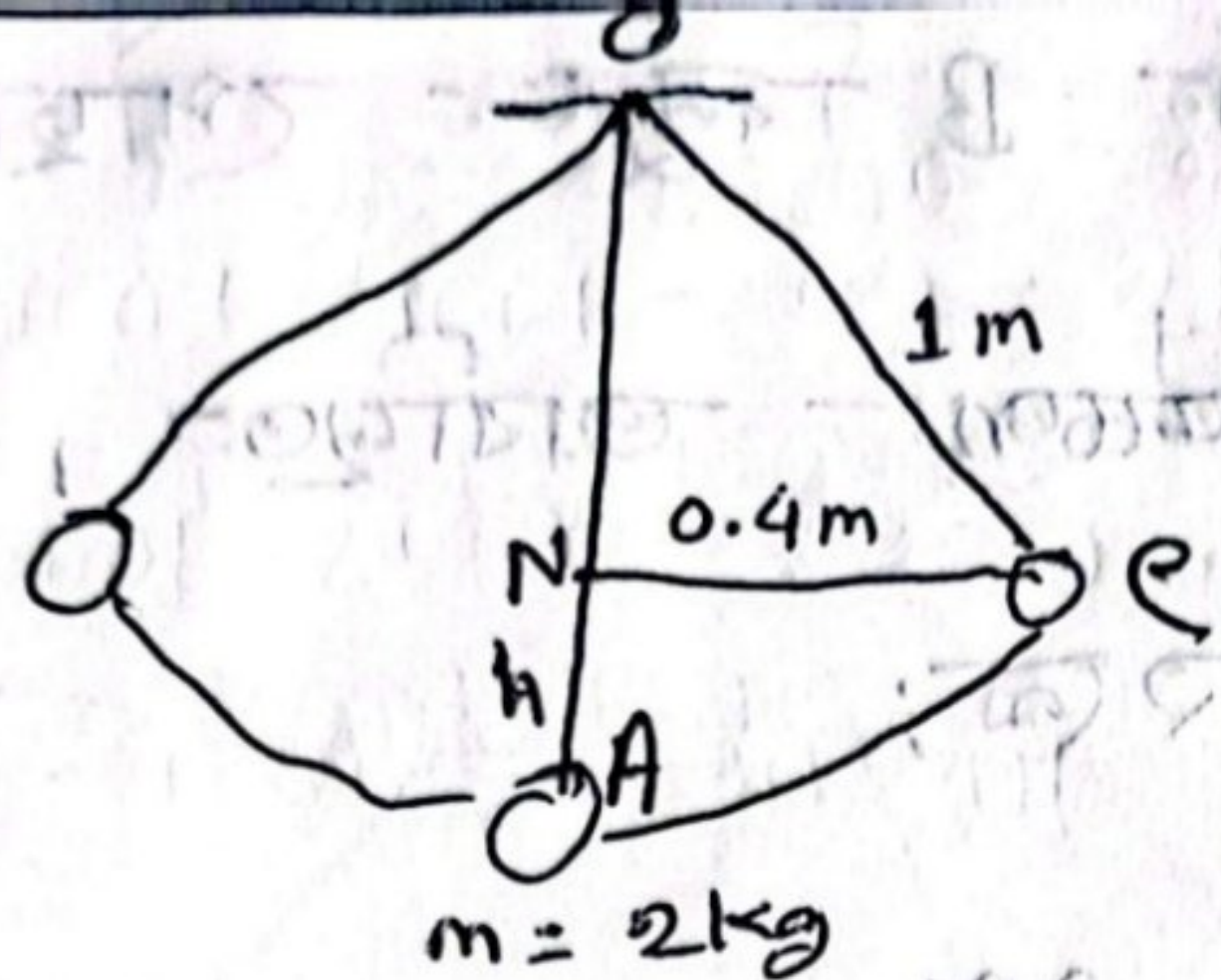
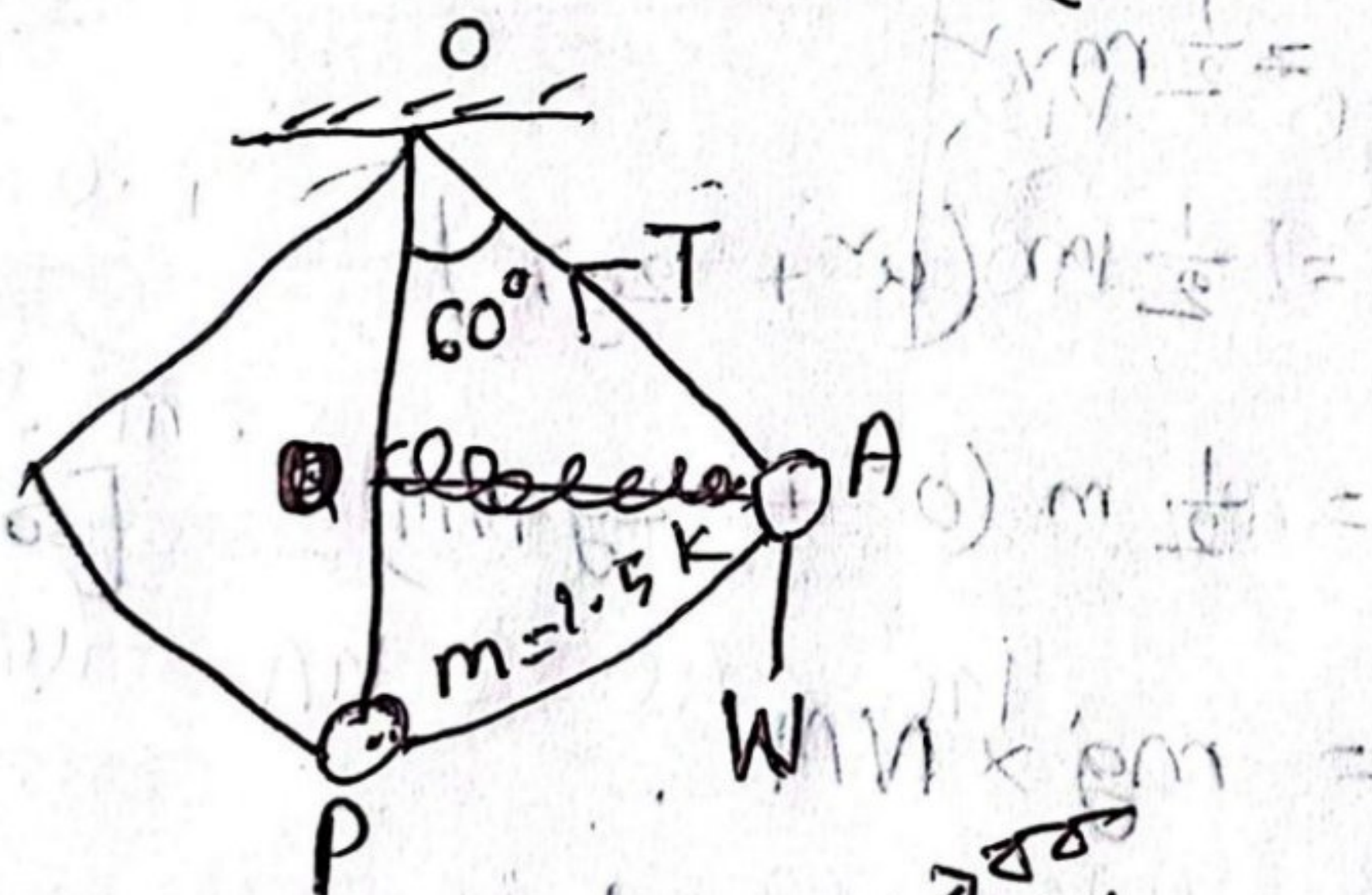
C বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_P = mg \times AN$
এবং,
C বিন্দুতে গতিশক্তি, $E_K = ½ m v^2$
$= ½ m \times 0^2$ [v=0]
$= 0$
C বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_C = Ep+Ek$
$= mg \times AN + 0$
$= mg \times AN$

দোলকটি কোনো একসময় B বিন্দুতে পৌছাঁবে। B বিন্দু, ববের সাম্যাবস্থান A হতে AM উচ্চতায় অবস্থিত।

B বিন্দুতে বিভবশক্তি, $E_P' = mg \times AM$
এবং,
B বিন্দুতে গতিশক্তি, $Ek' = ½ m v^2$
$= ½ m \times (u^2 + 2gh)$
$= ½ m \times (0^2 + 2g \times NM)$ [u=0; h=NM]
$= mg (AN - AM)$

B বিন্দুতে মোট শক্তি, $E_B = Ep'+Ek'$
$= (mg \times AM) + mg (AN - AM)$
$= \cancel{(mg \times AM)} + (mg \times AN) - \cancel{(mg \times AM)}$
$= mg \times AN$

অর্থাৎ,
$E_C = E_B$
এভাবে দেখানো যায় যে, ববের গতিপথে সর্বত্র মোট শক্তি পরিমাণ ধ্রুবক। অর্থাৎ সরল দোলকের ক্ষেত্রে যান্ত্রিক শক্তির নিত্যতা প্রমাণিত হলো।

Q.

একটি সরল দোলকের ববের ভর 2kg ও কার্যকর দৈর্ঘ্য 1 m উলম্ব রেখা হতে 0.4m দূরে টেনে ছেড়ে দিলে সাম্য অবস্থান অতিক্রম কালে ববের বেগ ও গতিশক্তি নির্ণয় কর।

Q.

রশির দৈর্ঘ্য 2m. এবং গোলকটির অবস্থান $\frac{\pi}{6}$ ঘনমিটার।

(i) A বিন্দু হতে ছেড়ে দিলে ববটি কত ত্বরণে পতিশীল হবে?

(ii) A ও P অবস্থানে সুতার টান (T) নির্ণয় কর।

(iii) P অবস্থানে বেগ ও গতিশক্তি নির্ণয় কর।

(iv) বস্তুটির দোলন কাল নির্ণয় কর।

Q. সরল দোলকের গতিকে কেন স্পন্দন গতি বলা হয়? (জ্ঞা)

⇒ পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোন বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোন নির্দিষ্ট দিকে বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন গতি বলে।

সরল দোলকের গতি হচ্ছে কোন পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোন নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথের বিপরীত দিকে চলে। যেহেতু সরল দোলকের গতি ও স্পন্দন গতি একই তাই সরল দোলকের গতিকে স্পন্দন গতি বলা হয়।

Q. সরল দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে অথবা, পৃথিবীর বাইরে নিয়ে গেলে এর দোলনকাল কিরূপ হবে? ব্যাখ্যা কর। (জ্ঞা)

⇒ আমরা জানি পৃথিবীর কেন্দ্রে অথবা পৃথিবীর বাহিরে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান $g = 0$ হয়।

সরল দোলকের ~~গতি~~ দোলনকাল $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

বা, $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{0}}$.

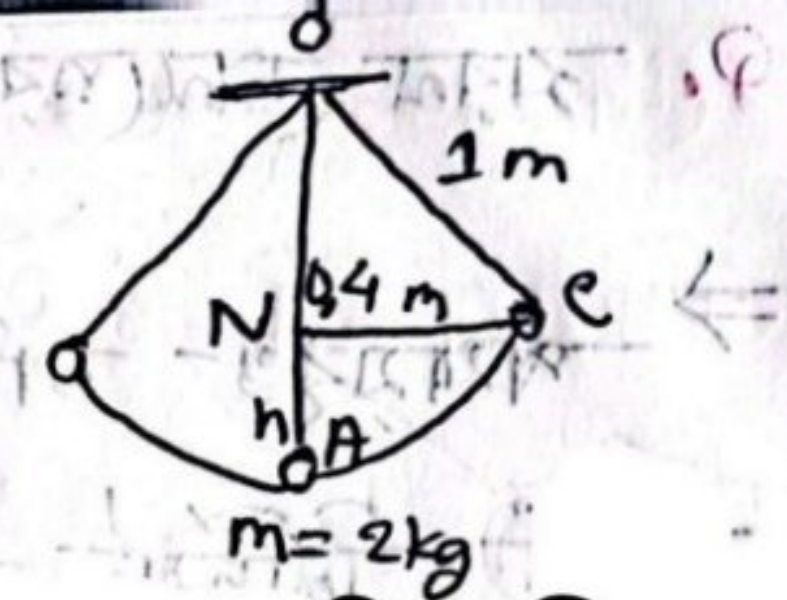
$g = 0$ হলে T এর মান অসীম আসবে।

তাই সরল দোলককে পৃথিবীর কেন্দ্রে অথবা পৃথিবীর বাইরে নিয়ে গেলে এর মান অসীম হবে।

Q.

একটি সরল দোলকের ববের ভর 2kg ও কার্যকর দৈর্ঘ্য 1 m লম্ব রেখা হতে 0.4 m টেনে ছেড়ে দিলে, সাম্য অবস্থান। অতিক্রম কালে ববের বেগ ও গতিশক্তি নির্ণয় করো।

⇒ চিত্রানুযায়ী $\triangle OCN$ একটি সমকোণী ত্রিভুজ।

$\therefore OC^2 = ON^2 + CN^2$

বা, $ON = \sqrt{OC^2 - CN^2}$

$= \sqrt{1^2 - 0.4^2}$

$= 0.92$ m.

এখানে,
$OC = 1$ m.
$CN = 0.4$ m.
$ON = ?$

আবার চিত্রানুযায়ী $AN = OA - ON$

$= 1 - 0.92$

$= 0.08$ m.

এখানে,
$OA = 1$ m $= OC$
$ON = 0.92$ m.
$AN = h = ?$

সাম্য অবস্থান অতিক্রম কালে ববের বেগ v হলে;

$v^2 = u^2 + 2gh$

বা, $v = \sqrt{0^2 + 2 \times 9.8 \times 0.08}$

$= 1.25\ ms^{-1}$

এখানে,
$u = 0$.
$g = 9.8\ ms^{-2}$
$h = 0.08$ m.
$v = ?$

এখন সাম্য অবস্থান অতিক্রম কালে গতিশক্তি E_K হলে;

$E_K = \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{1}{2} \times 2 \times 1.25^2$

$= 1.563$ J

(Ans)

এখানে,
$m = 2$ kg.
$v = 1.25$.

Q

রশির দৈর্ঘ্য 2m এবং গোলকটির বা বস্তুর আপতন $\frac{\pi}{6}$ ঘটেছে,

(i) A বিন্দু হতে ছেড়ে দিলে বস্তুটি কত ত্বরণে গতিশীল হবে। (গ)

(ii) A ও P অবস্থানে সুতার টান নির্ণয় কর। (ঘ)

(iii) P অবস্থানে বেগ ও গতিশক্তি নির্ণয় কর। (ঘ)

(iv) বস্তুটির দোলন কাল নির্ণয় কর। (ঘ)

O

60°

T

Q

A

P

30°

60°

F

W

T

(লম্ব উপাংশ)

(সমান্তরাল উপাংশ)

(i) সমাধান

ওজন এর উল্লম্ব উপাংশ F হলে;

$F = w\sin\theta$

বা, $ma = mg\sin\theta$

বা, $a = g\sin\theta$

$= 9.8\sin 60°$

$= 8.49\ ms^{-2}$

এখানে;

$W = mg$

$= 1.5 \times 9.8$

$= 14.7$

বিকল্প

চিত্রানুযায়ী লব্ধি ওজন ABCD আয়তক্ষেত্রের কর্ণ বরাবর ক্রিয়া করে।

O

60°

T

A

B

30°

60°

F

W

D

C

$\therefore \triangle ABC$ এ $\cos 30°$

$\cos 30° = \frac{F}{W}$

বা, $\cos 30° = \frac{ma}{mg}$

বা, $\cos 30° = \frac{a}{g}$

বা, $a = g\cos 30°$

বা, $a = 9.8 \times \cos 30°$

$\therefore a = 8.49\ ms^{-2}$

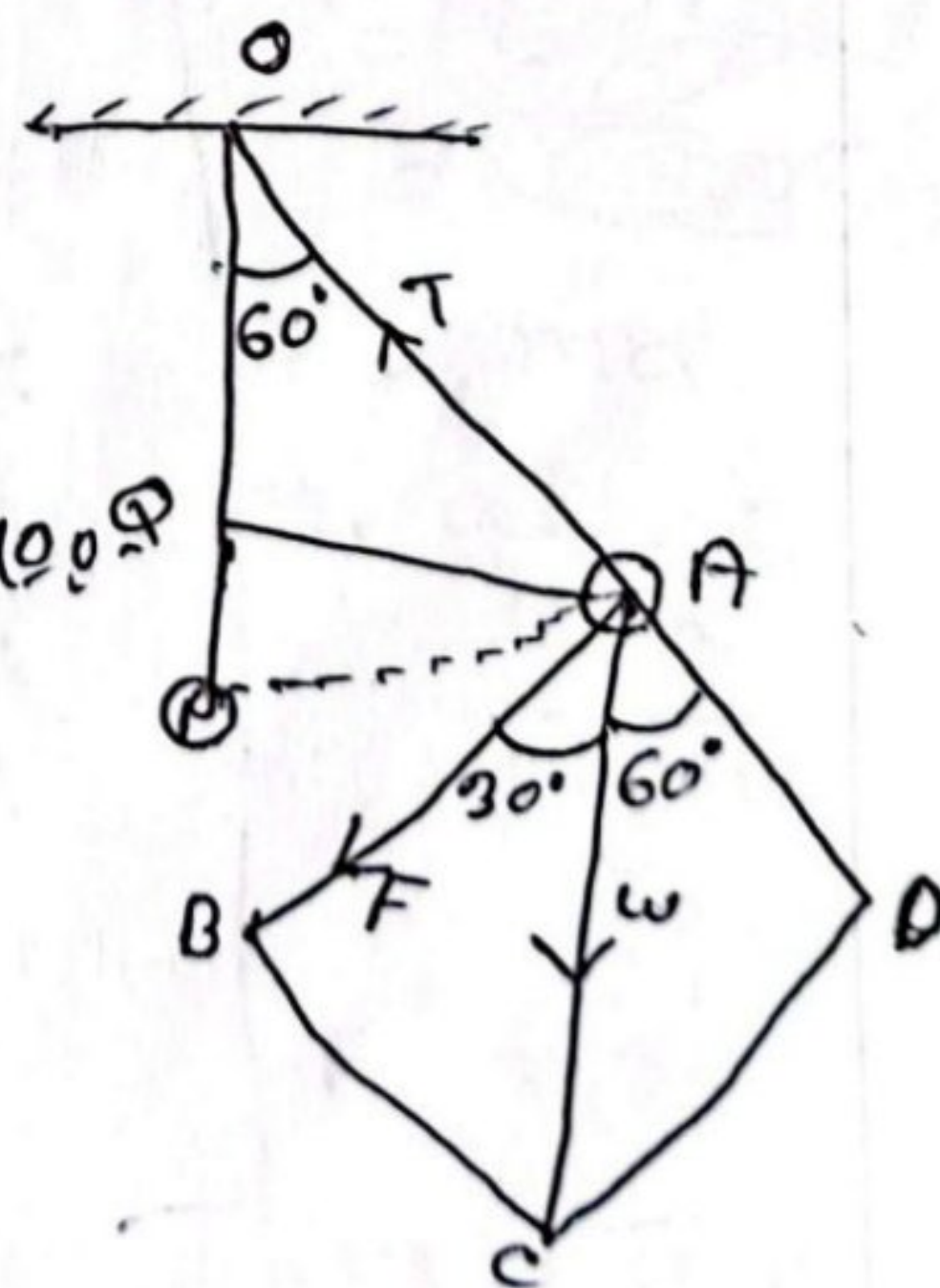
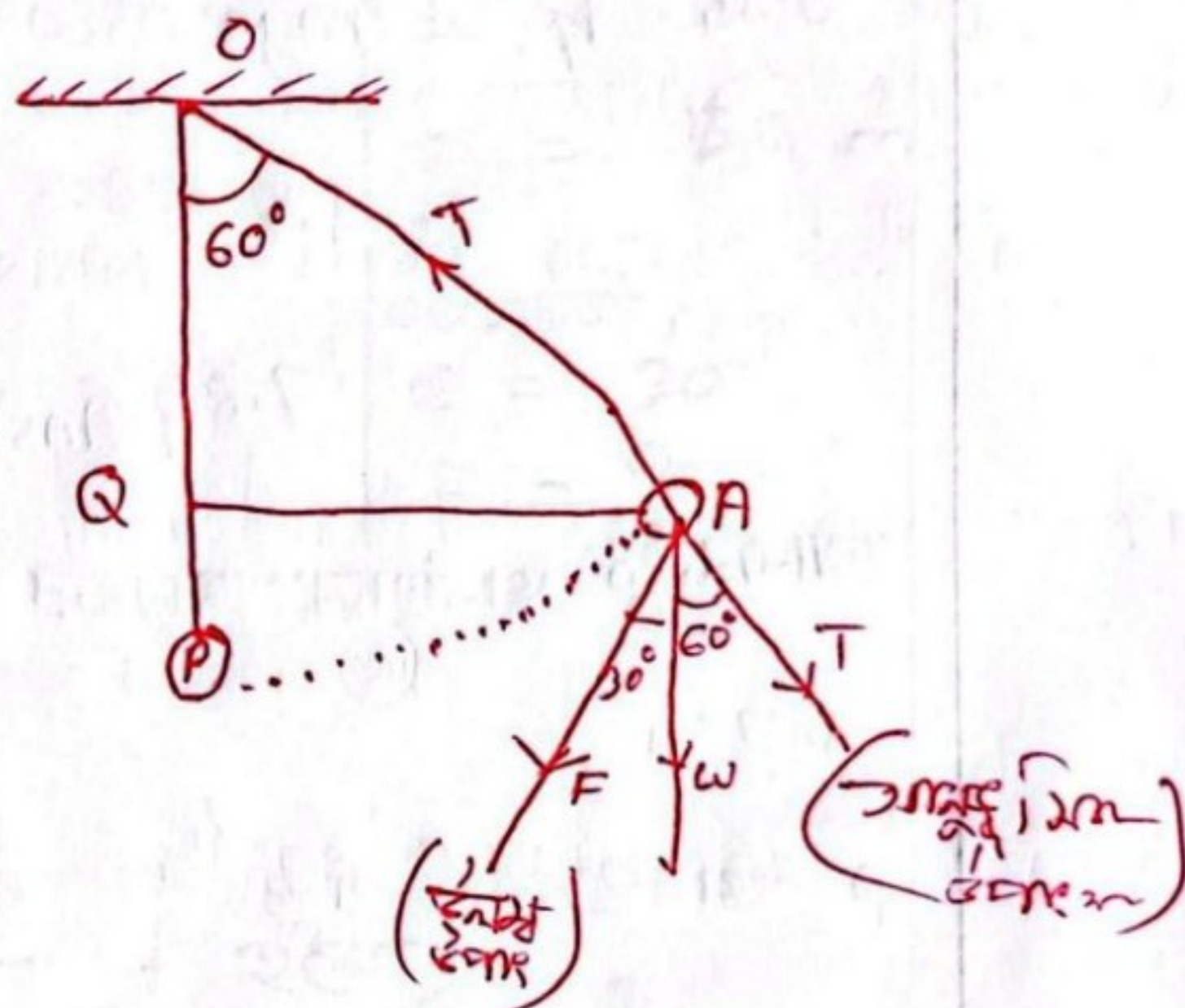
CamScanner

CamScanner

(ii)

ও জনের (ω) ওজন আনুভূমিক, ঝুলন্ত রশির টান দ্বারা প্রশমিত হয়।

$\therefore$ A বিন্দুতে রশির টান T_A হলে;

চিত্রানুযায়ী আমরা পাই;

$$T_A = \omega \cos 60^\circ$$

বা, $T_A = mg \cos 60^\circ$

$= 1.5 \times 9.8 \times \cos 60^\circ$

$= 7.35$ (Ans)

এখানে;
$m = 1.5$ kg.
$g = 9.8\ ms^{-2}$
$T_A = ?$

60°, T_A, T_P, A, $m = 1.5$ kg, 60°, P, $\omega \sin 60^\circ$, ω, $\omega \cos 60^\circ$

আবার, P অবস্থানে বস্তুটির খাড়াখাড়ি লম্ব ওজন, বস্তুটির টান বলকে প্রশমিত করে।

P অবস্থানে বস্তুটির টান বল T_P হলে;

চিত্রানুযায়ী $T_P = \omega$.

বা, $T_P = mg$

$= 1.5 \times 9.8$

$= 14.7$. (Ans)

এখানে
$m = 1.5$ kg.
$g = 9.8\ ms^{-2}$
$T_P = ?$

(iii) গোলকাকার ববের আয়তন V হলে;

$$V = \frac{4\pi}{3} r^3$$

বা, $\frac{\pi}{6} = \frac{4\pi}{3} r^3$ | দেওয়া আছে; $V = \frac{\pi}{6} m^3$

বা, $r^3 = \frac{1}{8}$

বা, $r^3 = \left(\frac{1}{2}\right)^3$

$\therefore r = 0.5 m.$

$\therefore$ দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য $OA = OP = L = (2 + 0.5)$

$= 2.5 m.$

ΔOQA সমকোণী ত্রিভুজে;

$$\cos 60^\circ = \frac{OQ}{OA}$$

বা, $OQ = \cos 60^\circ \times OA$

$= \cos 60^\circ \times 2.5$

$= 1.25 m.$

প্রথম চিত্রানুযায়ী—

$QP = OP - OQ$

$= 2.5 - 1.25$

$= 1.25\ m.$

দোলকটি যখন A অবস্থানে থাকে তখন এর উচ্চতা সাম্য অবস্থান P হতে PQ দূরে অবস্থান করে।
সাম্য অবস্থান অতিক্রম কালে দোলকের বেগ v হলে;
আমরা জানি;

$v^2 = u^2 + 2gh$

$= 0^2 + 2 \times 9.8 \times 1.25$

$\therefore v = \sqrt{24.5}$

$= 4.95\ ms^{-2}$

এখানে,
$u = 0$
$g = 9.8\ ms^{-2}$
$h = PQ = 1.25\ m$
$v = ?$

∴ সাম্য-অবস্থান অতিক্রম কালে গতিশক্তি E_K হলে;

$E_K = \frac{1}{2} m v^2$

$= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 4.95^2$

$= 18.38\ J.$

$=$ ~~3.7125~~.

এখানে,
$m = 1.5\ kg$
$v = 4.95$

(iv) (iv) নং হতে পাই - দোলকের কার্যকরী দৈর্ঘ্য L = 2.5 m.

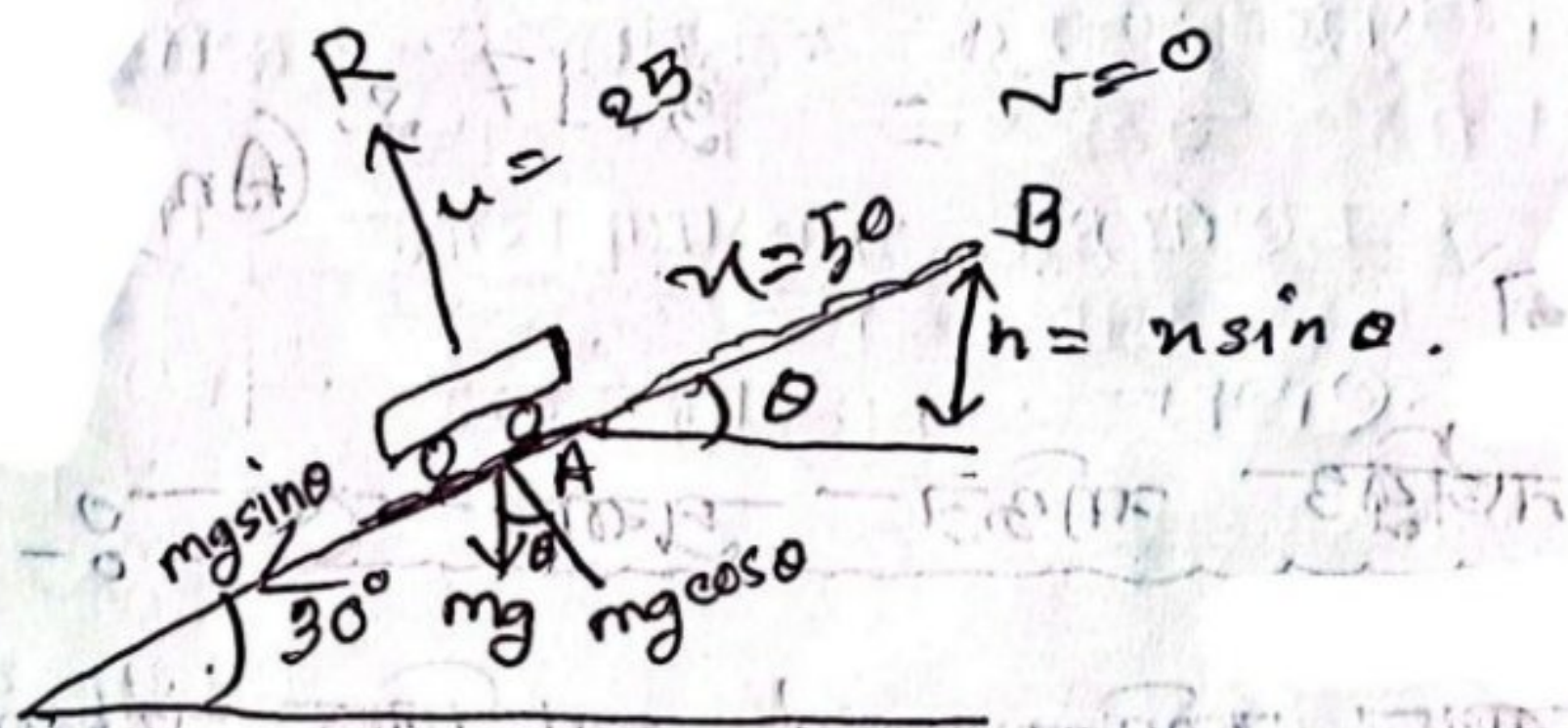
∴ দোলকের দোলনকাল T হলে;

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{2.5}{9.8}}$$

$$\simeq 3.17\ s.$$ (Ans)

৩. 1500 kg ভরের একটি গাড়ি পাহাড়ি রাস্তায় চলছিল যা ভূমির সাথে $30°$ কোণে আনত। গাড়িটির বেগ $25\ ms^{-1}$, সামনে অন্য একটি গাড়ি দেখায় ব্রেক কষার পর 50 m দূরে গিয়ে থেমে যায়। গাড়ির উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বলের মান নির্ণয় কর।

⇒

মনেকরি গাড়িটা A বিন্দুতে ব্রেক কষে B বিন্দুতে পৌঁছায়।
$AB = x$ হলে A ও B বিন্দুর লম্ব উচ্চতা $h = x\sin\theta$ হবে,

গাড়িটির সংযোগ স্থলে ঘর্ষণ বল f হলে চিত্রানুযায়ী

$$f = \mu R$$
$$= \mu mg\cos\theta.$$

শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুযায়ী পাই,
A থেকে B বিন্দুর মধ্যে চলার সময় গাড়ির গতিশক্তি হ্রাস = A ও B বিন্দুর মধ্যে ঘর্ষণ বলের দ্বারা কৃত কার্য + B বিন্দুর মধ্যে গাড়ির অভিকর্ষজ বিভব শক্তি বৃদ্ধি।

অর্থাৎ, গাণিতিক ভাবে পাই,

$$\frac{1}{2}m(u^2 - v^2) = fx + mgh.$$

বা, $\frac{1}{2}mu^2 = fx + mgx\sin\theta$ [$\because v = 0$]

বা, $fx = \frac{1}{2}mu^2 - mgx\sin\theta$.

বা, $fx = \frac{m(u^2 - 2gx\sin\theta)}{2}$

বা, $f = \frac{m(u^2 - 2gx\sin\theta)}{2x}$ —— (i)

বা, $\mu mg\cos\theta = \frac{m(u^2 - 2gx\sin\theta)}{2x}$

বা, $\mu = \frac{u^2 - 2gx\sin\theta}{2xg\cos\theta}$ —— (ii)

বা, $\mu = \frac{\sec\theta\,(u^2 - 2xg\sin\theta)}{2xg}$

বা, $\mu = \frac{u^2\sec\theta - 2xg\tan\theta}{2xg}$ —— (iii)

(i) নং সমীকরণ হতে গাড়ীটির উপর ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বলের মান এবং (ii) অথবা (iii) নং সমীকরণ হতে গতীয় ঘর্ষণ গুনাংকের মান নির্ণয় করা যাবে।

ভর ত্রুটি বা ভর ঘাটতি (Mass Defect)

সংজ্ঞা: নিউক্লিয়াসের ভর এবং নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত নিউক্লিয়ন গুলোর মুক্তবস্থার ভরের সমষ্টির পার্থক্যকে ভর ত্রুটি বা ভর ঘাটতি বলে। একে সাধারণত Δm দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

নিউটনের মতে ভর এবং শক্তি দুইটি আলাদা কিন্তু আইন্সটাইন বলেন যে ভর ও শক্তির মধ্যে কোনো পার্থক্য নেই। এরা একই সত্বার দ্বৈত প্রকাশ।

আইন্সটাইনের আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের বিস্ময়কর অবদান হলো ভর শক্তি সম্পর্ক, $E = mc^2$। এই তত্ত্বানুসারে নিউক্লিয়াসের এই হারানো ভরকে শক্তিরূপে পাওয়া যায়। নিউক্লিয়াসের এই ভর ও শক্তির সম্পর্কের উপর ভিত্তি করে আজকের আধুনিক নিউক্লিয়ার যুগের সূচনা হয়।

নিউক্লিয়াসের ভর ত্রুটির রাশিমালা

কোনো নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা বা প্রোটনের সংখ্যা Z ও নিউট্রনের সংখ্যা N এবং ভরসংখ্যা A। যদি প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে M_p ও M_n হয়, তবে নিউক্লিয়াসের মোট বা স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর তথা নিউক্লিয় ভর M_{nuc} হলে—

M_{nuc} = প্রোটনের ভর + নিউট্রনের ভর

বা, $M_{nuc} = ZM_p + NM_n$ ------------------------(1)

বা, $M_{nuc} = ZM_p + (A - Z)\, M_n$ ----------------(2)

অর্থাৎ স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর = উপাদানসমূহের মুক্তাবস্থার ভর।

আবার মৌলের পারমাণবিক ভর M_{atm} এবং একটি ইলেক্ট্রনের ভর M_e ও পারমাণবিক সংখ্যা বা প্রোটন সংখ্যা Z হলে—

মৌলের নিউক্লীয় ভর = মৌলের পারমাণবিক ভর – মোট ইলেকট্রনের ভর

বা, $M_{nuc} = M_{atm} - ZM_e$ ----------------(3)

হাইড্রোজেন বা প্রোটিয়ামের নিউক্লিয়াস ও কক্ষপথে একটি করে প্রোটন ও ইলেক্ট্রন থাকায় এর পারমাণবিক ভর M_H হলে—

$M_H = M_p + M_e$ ------------------(4)

কিন্তু কোনো স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর তার গঠনকারী উপাদানসমূহের মুক্তাবস্থার ভরের সমষ্টি অপেক্ষা কিছুটা কম হতে দেখা যায়। ভরের এই পার্থক্যকে ভর-ত্রুটি বা ভর ঘাটতি বলে।

∴ ভর-ত্রুটি = উপাদানসমূহের মুক্তাবস্থার ভর – স্থায়ী নিউক্লিয়াসের ভর।

বা, $\Delta m = ZM_p + NM_n - M_{nuc}$ -------------(5) [(1) নং অনুযায়ী]

বা, $\Delta m = ZM_p + (A - Z)\, M_n - M_{nuc}$ ------(6) [(2) নং অনুযায়ী]

আবার—

$\Delta m = (ZM_p + NM_n) - M_{nuc}$

বা, $\Delta m = (ZM_p + NM_n) - (M_{atm} - ZM_e)$ -------(7) [(3) নং ব্যবহার করে]

বা, $\Delta m = ZM_p + NM_n - M_{atm} + ZM_e$

বা, $\Delta m = ZM_p + ZM_e + NM_n - M_{atm}$

বা, $\Delta m = Z(M_p + M_e) + NM_n - M_{atm}$

বা, $\Delta m = ZM_H + NM_n - M_{atm}$ ----------------(8) [(4) নং ব্যবহার করে]

উপরোক্ত (5), (6), (7) ও (8) নং সমীকরণ'ই হলো ভরত্রুটির রাশিমালা।

নিউক্লিয়াস গঠিত হবার মুহূর্তে এই হারানো ভর, শক্তি হিসেবে বিকিরিত হয় এবং এই শক্তি নিউক্লিয়াস গঠনকালে বন্ধন শক্তির পরিমাপের সমান।

বন্ধন শক্তি (Binding energy)

বন্ধন শক্তি এর দুইটি সংজ্ঞা দেয়া যায়—

1. কোনো প্রয়োজনীয় সংখ্যক নিউক্লিয়ন একত্রিত হয়ে একটি স্থায়ী নিউক্লিয়াস গঠন করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত বা শোষিত হয় তাকে নিউক্লীয় বন্ধন শক্তি বলে।

2. কোনো নিউক্লিয়াসকে ভেঙে এর নিউক্লিয়নগুলোকে পরস্পরের প্রভাব হতে মুক্ত করতে নিউক্লিয়াসকে বাইরে থেকে যে পরিমাণ শক্তি সরবরাহ করতে হয় তাকে বন্ধন শক্তি বলে।

বন্ধন শক্তিকে B.E বা E_B দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

নিউক্লিয়নগুলোকে একত্রকারী সবল নিউক্লীয় বলের ক্রিয়া হতে নিউক্লীয় বন্ধন শক্তি উদ্ভূত হয় এবং এটা নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্বের জন্য দায়ী। বন্ধন শক্তি বেশি হলে নিউক্লিয়াস অধিকতর স্থায়ী হয়।

বন্ধন শক্তির রাশিমালা

মনে করি নিউক্লিয়াসের ভর-ত্রুটি ও আলোর বেগ যথাক্রমে Δm ও c এবং বন্ধনশক্তি E_B হলে আইনস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ব হতে পাই—

$E_B = \Delta mc^2$

বা, $E_B = (ZM_p + NM_n - M_{nuc})\, c^2$ ----------------(9) [(5) নং ব্যবহার করে]

বা, $E_B = \{ZM_p + (A - Z)\, M_n - M_{nuc}\}\, c^2$ ----------(10) [(6) নং ব্যবহার করে]

বা, $E_B = \{(ZM_p + NM_n) - (M_{atm} - ZM_e)\}\, c^2$ ------(11) [(7) নং ব্যবহার করে]

বা, $E_B = (ZM_H + NM_n - M_{atm})\, c^2$ -----------------(12) [(8) নং ব্যবহার করে]

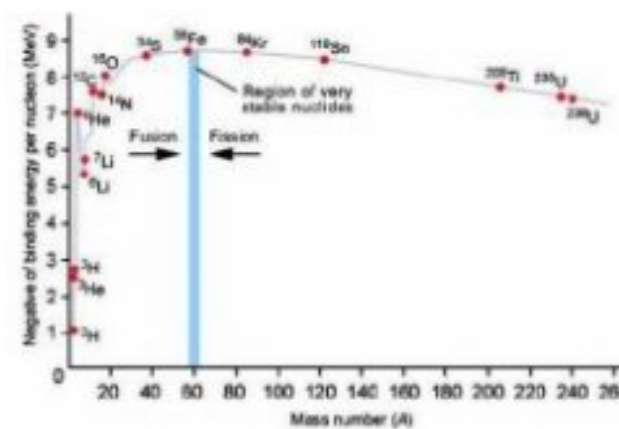
উপরোক্ত (9), (10), (11) ও (12) নং সমীকরণ'ই হলো বন্ধন শক্তির রাশিমালা।

প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি (Binding Energy per Nucleon) বা গড় বন্ধন শক্তি

সংজ্ঞা: কোনো নিউক্লিয়াসের মোট বন্ধন শক্তি এবং ভর সংখ্যার অনুপাতকে প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি বা গড় বন্ধন শক্তি বলা হয়।

∴ গড় বন্ধন শক্তি = মোট বন্ধন শক্তি / ভর সংখ্যা

কোনো নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধন শক্তি এর ভর সংখ্যার ওপর নির্ভর করে। ভর সংখ্যার পরিবর্তনে গড় বন্ধন শক্তি পরিবর্তিত হয়।

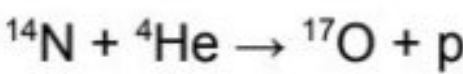
গড় বন্ধন শক্তি ও নিউক্লিয়াসের স্থায়িত্ব

ভর সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে গড় বন্ধন শক্তি প্রথমে দ্রুত বৃদ্ধি পায়। কিছু কিছু নিউক্লিয়াস যেমন, ^4He, ^{12}C ও ^{16}O এর মান তুলনামূলক ভাবে বেশি। অতএব, এই নিউক্লিয়াস গুলো আশেপাশের নিউক্লিয়াস গুলোর তুলনায় বেশি স্থায়ী। পর্যায় সারণির মধ্যবর্তী স্থানে অবস্থিত মৌলগুলির (50<A<40) নিউক্লিয়াস গুলো সবচেয়ে সুস্থিত। কেননা এদের নিউক্লিয়াস থেকে একটি নিউক্লিয়ন বিচ্ছিন্ন করতে অনেক বেশি শক্তির প্রয়োজন হয়। লেখচিত্র থেকে দেখা যায় যে এই অঞ্চলের নিউক্লিয়াস গুলোর গড় বন্ধন শক্তি প্রায় 8.5 MeV। ^{56}Fe এর ক্ষেত্রে এর মান হলে 8.8 MeV; যা সর্বোচ্চ। সুতরাং বলা যায় লোহা (^{56}Fe) সর্বাধিক স্থায়ী নিউক্লিয়াস গুলোর অন্যতম। অত্যন্ত হাল্কা (A < 20) এবং ভারী (A > 100) নিউক্লিয়াসের গড় বন্ধন শক্তির মান কম। তাই ভারী নিউক্লিয়াস (A > 200) বিভাজিত হয়ে এবং হাল্কা নিউক্লিয়াস সংযোজিত হয়ে স্থায়ী নিউক্লিয়াসে পরিণত হতে সচেষ্ট হয়। এ কারণেই ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসের ফিশান এবং হাইড্রোজেন বা এর আইসোটোপ গুলোর নিউক্লিয়াসের ফিউশন তুলনামূলকভাবে সহজ।

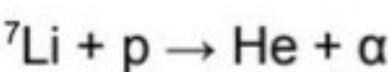
CS CamScanner

নিউক্লীয় বিক্রিয়া (Nuclear Reaction)

সংজ্ঞা: কৃত্রিম উপায়ে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটিয়ে নতুন মৌল গঠন করার প্রক্রিয়াকে নিউক্লীয় বিক্রিয়া বলে। নিউক্লীয় বিক্রিয়া হলো একটি নিউক্লীয় ঘটনা।

তেজস্ক্রিয় পদার্থ থেকে নিঃসৃত আলফা কণা ($_2He^{2+}$) এর সাহায্যে রাদারফোর্ড সর্বপ্রথম নাইট্রোজেন নিউক্লিয়াস ভাঙতে সক্ষম হন। কৃত্রিম উপায়ে একটি নিউক্লিয়াস ফিশান ঘটিয়ে অন্য একটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টির এটিই প্রথম ঘটনা। এটিই হচ্ছে প্রথম নিউক্লীয় বিক্রিয়া (Nuclear Reaction)। নাইট্রোজেন নিউক্লিয়াসে যে বিক্রিয়া ঘটে তা নিম্নরূপ—

$$^{14}N + {}^{4}He \rightarrow {}^{17}O + p$$

পরবর্তীকালে এস. ডি কক্রফট এবং ই. টি. এস ওয়ালটন কৃত্রিমভাবে ত্বরান্বিত (ত্বরণে গতিশীল) প্রোটন কণিকার সাহায্যে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটান—

$$^{7}Li + p \rightarrow He + \alpha$$

পরবর্তী সময়ে আলফা কণিকা, নিউট্রন কণিকা ও অন্যান্য কণিকা ব্যবহার করে অনেক নিউক্লীয় বিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করা হয়েছে এবং নিউক্লিয়াসের গঠন, অভ্যন্তরীণ বিন্যাস, প্রকৃতি ইত্যাদি সম্পর্কে গুরুত্বপূর্ণ তথ্য আহরণ করা সম্ভব হয়েছে।

একটি নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় নিম্নলিখিত ভৌত রাশি (Physical quantities) সংরক্ষিত হয়। যথা—

- নিউক্লিয়ন সংখ্যা (Nucleon number)
- তড়িৎ আধান (Electric charge)
- সামগ্রিক ভরশক্তি (Total mass-energy)
- রৈখিক ভরবেগ (Linear momentum)
- কৌণিক ভরবেগ (Angular momentum)
- আইসোটোপিক স্পিন (Isotopic spin) এবং
- সমতা (Parity)

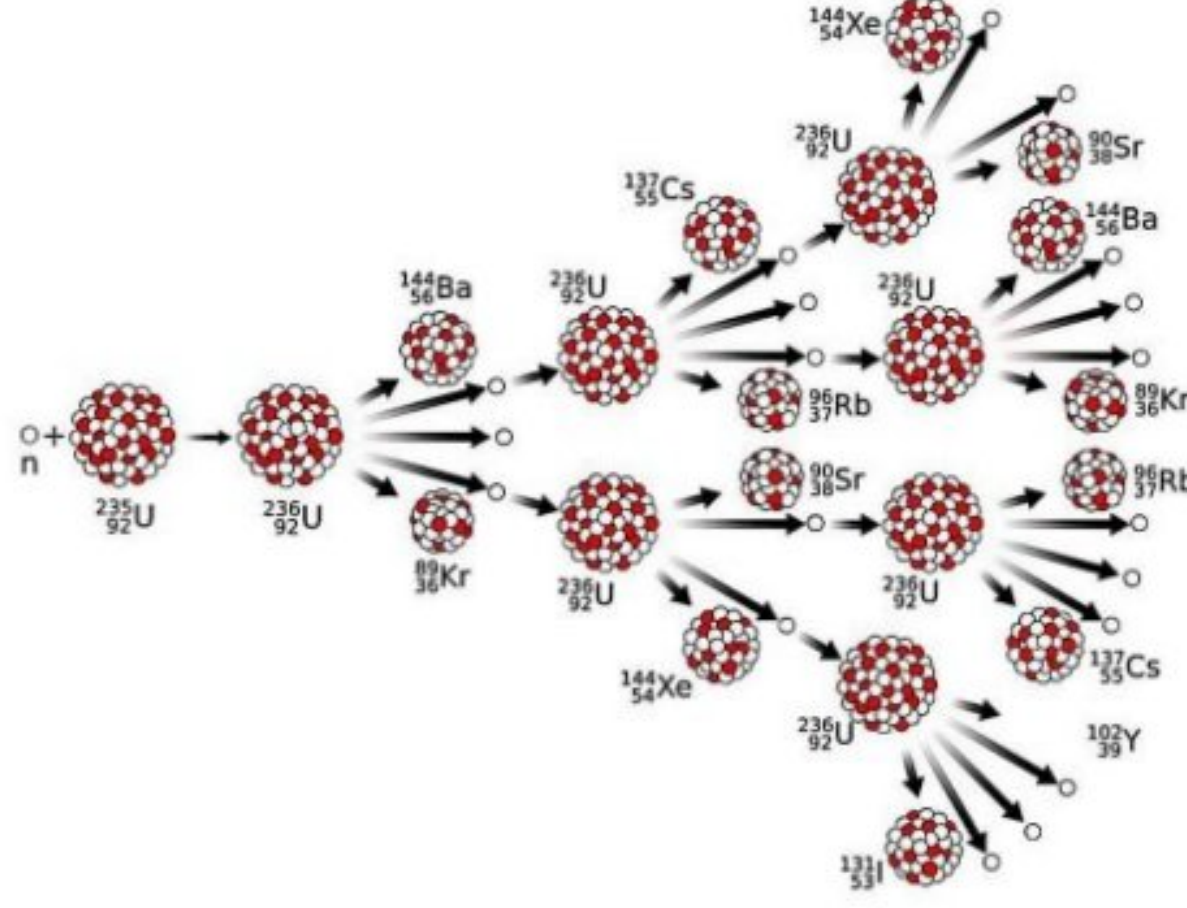
রাসায়নিক বিক্রিয়া ও নিউক্লীয় বিক্রিয়ার পার্থক্য

রাসায়নিক বিক্রিয়া	নিউক্লিয় বিক্রিয়া
রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথের ইলেকট্রন অংশগ্রহণ করে।	নিউক্লিয় বিক্রিয়া সরাসরি পরমাণুর নিউক্লিয়াসে সংঘটিত হয়।
রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে নতুন কোনো পরমাণু উৎপন্ন হয় না।	নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াস পরিবর্তিত হয়ে নতুন মৌলের পরমাণু সৃষ্টি হয়।
রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংশ্লিষ্ট শক্তি খুব কম, মাত্র eV (electro volt) ক্রমের।	নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় শক্তির পরিমাণ অনেক বেশি, MeV (Mega electro volt) ক্রমের।

CamScanner

শৃঙ্খল বা শিকল বা চেইন বিক্রিয়া (Chain Reaction)

সংজ্ঞা: যেসব বিক্রিয়া একবার শুরু হলে সয়ংক্রিয় ভাবে চলতে থাকে এবং শক্তিনির্গত করে থাকে তাকে চেইন বিক্রিয়া বলে। চেইন বিক্রিয়া দুই প্রকার। যথা–

1. নিয়ন্ত্রিত চেইন বিক্রিয়া (Controlled chain reaction)
2. অনিয়ন্ত্রিত চেইন বিক্রিয়া (Uncontrolled chain reaction)

অনিয়ন্ত্রিত চেইন বিক্রিয়ায় এক সেকেণ্ডের লক্ষ ভাগের এক ভাগ সময়ের মধ্যে ফিশান বিক্রিয়া হাজার গুণ বৃদ্ধি পেতে পারে।

নিউক্লিয় শক্তি

পরমাণুর নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে যদি কোনো নতুন নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয় কিংবা দুটি পরমাণুর নিউক্লিয়াস যদি সংযুক্ত হয়ে যদি একটি নিউক্লিয়াস গঠন করে তবে কিছু পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয়। একে নিউক্লিয় শক্তি বলে।

নিউক্লিয় শক্তি উৎপাদন প্রক্রিয়া

নিউক্লিয় শক্তি দুই পদ্ধতিতে উৎপাদন করা যায়। যথা—

1. নিউক্লিউ ফিউশন বা নিউক্লিয়াসের সংযোজন
2. নিউক্লিউ ফিশান বা নিউক্লিয়াসের বিভাজন

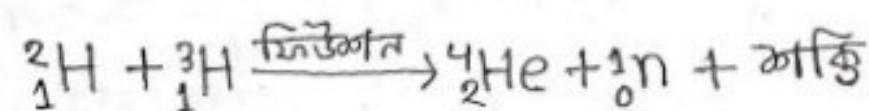
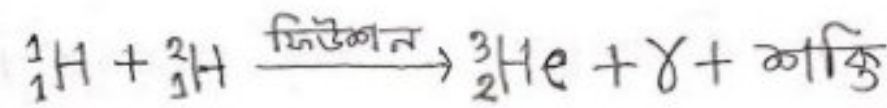
নিউক্লীয় ফিউশন (Nuclear fusion)

সংজ্ঞা: যে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় একাধিক হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং অত্যধিক শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লীয় ফিউশন বা নিউক্লীয় সংযোজন বলে।

ফিউশন অত্যধিক উষ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হয় বলে এই বিক্রিয়াকে তাপ-নিউক্লীয় বিক্রিয়া (Thermonuclear reaction) বলে। এই তাপমাত্রার মান প্রায় 10^8 °C। ফিউশনে হাইড্রোজেন আইসোটোপ ডিউটেরন বা ডিউটেরিয়াম (^{2}H বা ^{2}D), ট্রাইটিয়াম বা ট্রাইটন (^{3}H) ব্যবহার করা হয়। যখন 800 km/s বেগ সম্পন্ন ট্রাইটিয়াম নিউক্লিয়াসের সঙ্গে ডিউটেরিয়াম নিউক্লিয়াসের সংঘর্ষ ঘটে, তখন ফিউশন প্রক্রিয়ায় হিলিয়াম নিউক্লিয়াস গঠিত হয়। এবং এর সঙ্গে প্রচণ্ড শক্তি বিমুক্ত হয়।

$$^{1}_{1}H + ^{2}_{1}H \xrightarrow{\text{ফিউশন}} ^{3}_{2}He + \gamma + \text{শক্তি}$$

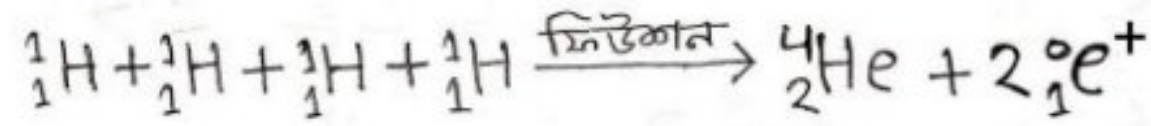
$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \xrightarrow{\text{ফিউশন}} ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{শক্তি}$$

CamScanner

এই ধরনের প্রতিটি ফিউশন বিক্রিয়ায় 17.6 MeV (Mega electro volt) শক্তি বিমুক্ত হয়। সূর্যের ভিতরে ফিউশন বিক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে এবং প্রচুর শক্তি উৎপন্ন হচ্ছে, যার খুবই সামান্য অংশ আমাদের পৃথিবী পৃষ্ঠে আসে।

ফিউশন বিক্রিয়ায় দুটি নিউক্লিয়াসের সংযোগের ফলে একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়। নিউক্লিয় ফিউশনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন নিউক্লিয়াসগুলোর মোট ভর প্রারম্ভিক নিউক্লিয়াসগুলোর মোট ভর অপেক্ষা কম হয়। অর্থাৎ ফিউশনের ফলে ভরের হ্রাস ঘটে। হারানো ভর শক্তিতে পরিণত হয়। নিউক্লিয়াসগুলো ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট হওয়ায় দুটি নিউক্লিয়াসের ফিউশন বিক্রিয়া ঘটাতে হলে নিউক্লিয়াস দুটিকে উচ্চ গতির অধিকারি হতে হয়, যাতে করে এর বিকর্ষণ বলের প্রভাব অতিক্রম করতে পারে। নিউক্লিয় ফিউশন নীতির উপর ভিত্তি করে হাইড্রোজেন বোমা তৈরি করা হয়।

সূর্য ও নক্ষত্রসমূহের শক্তি

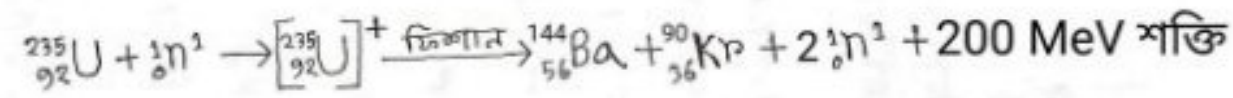
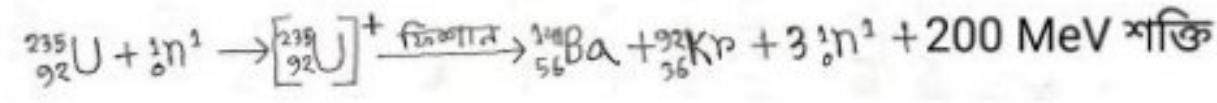
নিউক্লীয় ফিউশন বিক্রিয়ার মাধ্যমে সূর্য ও নক্ষত্রসমূহের অভ্যন্তরে শক্তি উৎপন্ন হয়। এদের নিউক্লীয় অঞ্চলের কয়েক কোটি সেলসিয়াস ডিগ্রি তাপমাত্রা এই ধরনের নিউক্লীয় ফিউশনের জন্য উপযোগী। বিজ্ঞানীদের নিকট বর্তমানে স্বীকৃত তত্ত্ব হলো এরূপ যে সূর্যের অভ্যন্তরে কয়েকটি ধাপে নিউক্লীয় ফিউশন বিক্রিয়ার একটি চক্র সম্পূর্ণ হয়। প্রতিটি চক্রে চারটি প্রোটনের নিউক্লীয় ফিউশনের ফলে একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ও দুটি পজিট্রন উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ—

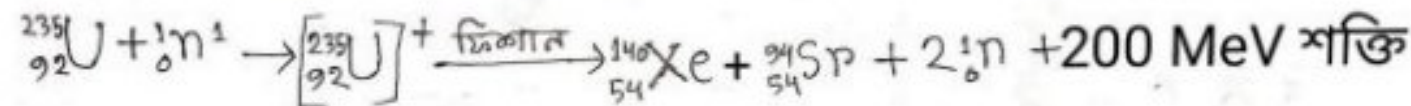
$$^1_1H + ^1_1H + ^1_1H + ^1_1H \xrightarrow{\text{ফিউশান}} ^4_2He + 2\,^0_1e^+$$

নিউক্লীয় ফিশান (Nuclear fission)

সংজ্ঞা: যে নিউক্লিয় বিক্রিয়ায় ভারী পরমাণুর নিউক্লিয়াস বিশ্লিষ্ট হয়ে প্রায় সমান ভরের দুটি ভিন্ন নিউক্লিয়াস তৈরি হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লীয় ফিশান বা নিউক্লিয়ার বিভাজন বলে।

উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন নিউট্রন, প্রোটন বা ডিউটেরিয়াম দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয়াসের ফিশান ঘটে।

$$^{235}_{92}U + ^1_0n^1 \rightarrow [^{236}_{92}U]^+ \xrightarrow{\text{ফিশান}} ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^1_0n^1 + 200\text{ MeV শক্তি}$$

$$^{235}_{92}U + ^1_0n^1 \rightarrow [^{236}_{92}U]^+ \xrightarrow{\text{ফিশান}} ^{144}_{56}Ba + ^{90}_{36}Kr + 2\,^1_0n^1 + 200\text{ MeV শক্তি}$$

অর্থাৎ ইউরেনিয়াম (^{235}U) কে তাপীয় নিউট্রন দ্বারা আঘাত করায় এটি নিউট্রনকে আটক করে অস্থায়ী যৌগিক নিউক্লিয়াস $[^{235}U]^+$ এ পরিণত হয় যার স্থায়িত্বকাল 10^{-12} সেকেন্ড। এই অস্থায়ী নিউক্লিয়াস ফিশান প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে বেরিয়াম ও ক্রিপটন নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং 1টি হতে 3টি দ্রুতগতিসম্পন্ন নিউট্রন সৃষ্টি হয়। এই নিউট্রনগুলোর আরও ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসে ফিশান ঘটে। এরূপ ধারাবাহিকভাবে ফিশন প্রক্রিয়া চলতে থাকে। ^{235}U নিউক্লিয়াসকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করলে শুধু উপরোক্ত বিক্রিয়াই সংঘটিত হয় না। বরং বহু ধরনের বিক্রিয়া ঘটে। যেমন—

$$^{235}_{92}U + ^1_0n^1 \rightarrow [^{236}_{92}U]^+ \xrightarrow{\text{ফিশান}} ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{54}Sr + 2\,^1_0n + 200\text{ MeV শক্তি}$$

এক্ষেত্রে 1টি হতে 2টি নিউট্রন সৃষ্টি হয়। কোনো কোনো বিক্রিয়ায় 5টি পর্যন্ত নিউট্রন সৃষ্টি হয়। প্রতি ফিশনে গড়ে 2.5 সংখ্যক নিউট্রন সৃষ্টি হয়।

প্রতিটি ফিশানে প্রায় 200 MeV (Mega electro volt) শক্তি উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ না করতে পারলে আণবিক বোমার বিস্ফোরণে রুপ নিবে। আর নিয়ন্ত্রণ করতে পারলে তা হবে আণবিক চুল্লীতে সংঘটিত নিয়ন্ত্রিত ফিশন বিক্রিয়া। যার মাধ্যমে টারবাইনের সাহায্যে জেনারেটর থেকে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা হয়। বাংলাদেশের পাবনার রুপপুর আণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রেও এই প্রক্রিয়ায় বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা হবে।

1934 খ্রিস্টাব্দে ফিশান প্রক্রিয়ার আবিষ্কার শুরু করেন বিজ্ঞানী ফার্মি। কিন্তু পরবর্তীতে 1939 খ্রিস্টাব্দে এই প্রক্রিয়া চূড়ান্তভাবে আবিস্কার করেন জার্মান বিজ্ঞানী অটোহান এবং তার দুজন সহযোগী স্ট্রেসম্যান ও মাইট্নার।

১৯৪৫ সালে 'ম্যানহটান প্রজেক্ট'- এর আওতায় নিউ মেক্সিকোর মরু এলাকায় প্রথম পারমাণবিক বোমার বিস্ফোরণ ঘটানো হয়। ম্যানহাটান প্রজেক্টের তত্ত্বধায়ক ছিলেন এনরিকো ফার্মি এবং প্রধান বিজ্ঞানী ছিলেন ওপেন হাইমার। ওপেন হাইমারকে পারমাণবিক বোমার আবিষ্কারক বলা হয়।

ইলেক্ট্রো ভোল্ট (eV)

দুটি বিন্দুর মধ্যে বিভব পার্থক্য 1 volt হলে এবং একটি ইলেক্ট্রন এক বিন্দু হতে অন্য বিন্দুতে গতিশীল হলে যে শক্তি লাভ করে তাকে এক ইলেক্ট্রো ভোল্ট (eV) বা 1 eV বলে।

কাজ বা শক্তির একটি একক হলো eV। সাধারণত পারমাণবিক ও নিউক্লিয় পদার্থবিদ্যায় শক্তির এই একক ব্যবহার করা হয়।

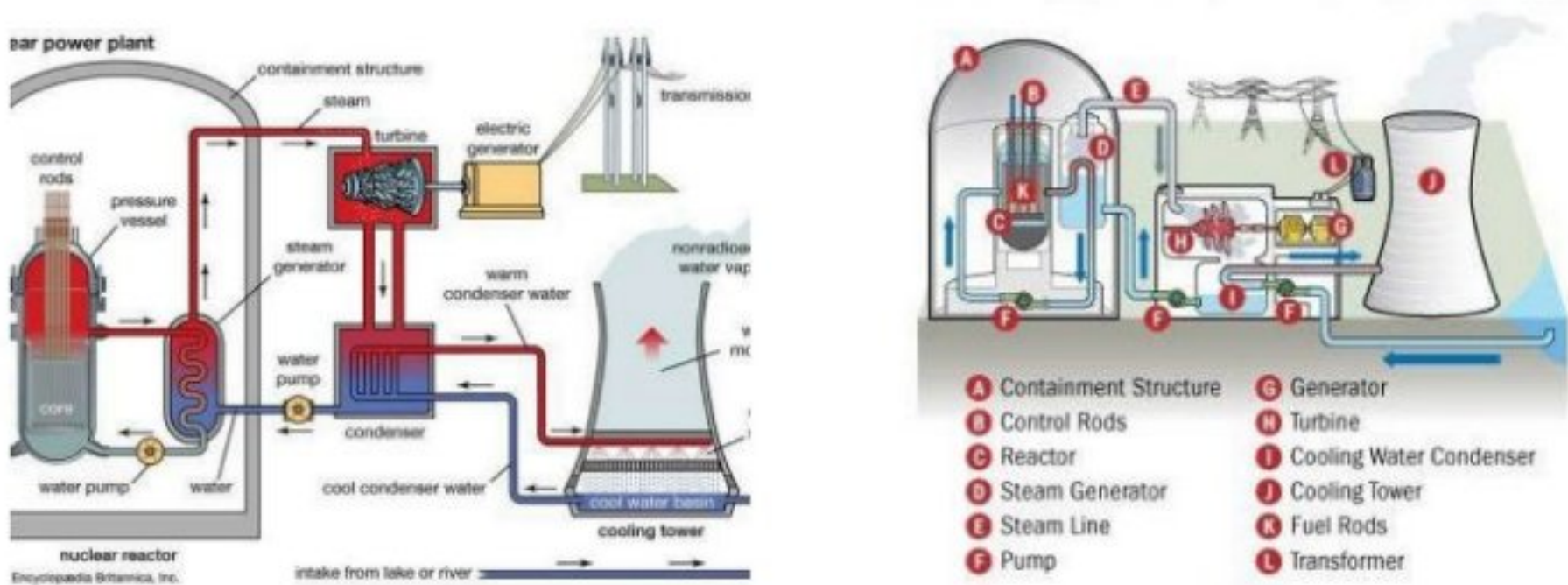
$$1\ \text{MeV} = 10^6\ \text{eV}$$
$$1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$$
$$1\ \text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13}\ \text{J}$$

নিউক্লিয় ফিউশন ও ফিশানের মধ্যে পার্থক্য

নিউক্লিয় ফিউশন	নিউক্লিয় ফিশান
নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়ায় দুটি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে অপেক্ষাকৃত বড় নিউক্লিয়াস গঠন করে।	নিউক্লিয় ফিশান বিক্রিয়ায় একটি অতি বৃহৎ নিউক্লিয়াস, দুটি প্রায় কাছাকাছি ভর বিশিষ্ট নিউক্লিয়াসে বিভক্ত হয়।
নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়া চেইন বিক্রিয়া নয়।	নিউক্লিয় ফিশান বিক্রিয়া হলো চেইন বা শিকল বিক্রিয়া; যা অনবরত চলতে থাকে।
অত্যাধিক উচ্চ তাপমাত্রায় (10^7 ~ 10^8 K) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিউক্লিয়াস কে উত্তপ্ত করে ফিউশন বিক্রিয়া ঘটানো হয়।	বৃহৎ নিউক্লিয়াসকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করে বিক্রিয়ার সূচনা ঘটানো হয়।
ফিশান বিক্রিয়ার তুলনায় নিউক্লিয় ফিউশনে অনেক বেশি তাপশক্তি নির্গত হয়।	নিউক্লিয় ফিশান বিক্রিয়ায় বিপুল তাপশক্তি নির্গত হয়।
নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব হয় নি।	পারমাণবিক চুল্লীতে নিউক্লিয় ফিশান বিক্রিয়াকে নিয়ন্ত্রিত করে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করা সম্ভব।
নিউক্লিয় ফিউশন বিক্রিয়ায় কোনো নিউক্লিয় বর্জ্য পদার্থ অবশিষ্ট থাকে না।	নিউক্লিয় ফিশান বিক্রিয়ায় প্রচুর নিউক্লিয় বর্জ্য পদার্থ অবশিষ্ট থাকে।

পারমাণবিক চুল্লি বা নিউক্লীয় চুল্লি (nuclear reactor)

সংজ্ঞা: যে যন্ত্রে নিয়ন্ত্রিত চেইন বিক্রিয়া ঘটিয়ে বিপুল পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায় তাকে পারমাণবিক চুল্লি বা নিউক্লীয় চুল্লি বলে।

পারমাণবিক চুল্লিতে মূলত ^{235}U ব্যবহার করা হয়। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ইউরেনিয়ামের মধ্যে ^{238}U ও ^{235}U প্রায় 142 : 1 অনুপাতে থাকে। প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামের মধ্য দিয়ে তাপীয় নিউট্রন (Thermal neutron) পাঠালে ^{235}U এর বিভাজন হয়। পক্ষান্তরে ^{238}U নিউট্রনকে শোষণ করে। তাই চেইন বিক্রিয়া চালু রাখার জন্য প্রাকৃতিক ইউরিনিয়াম নমুনায় ^{235}U এর অনুপাত বেড়ে যায়। এই ধরনের ইউরেনিয়ামকে সমৃদ্ধ (enriched) ইউরেনিয়াম বলে।

চিত্রে একটি নিউক্লীয় চুল্লির সংশ্লিষ্ট যন্ত্রাদির নকশা দেখানো হয়েছে। চিত্রে প্রদর্শিত মজ্জা বা কোর (core)-এর মধ্যে জ্বালানি দণ্ড (এক্ষেত্রে ইউরেনিয়াম), মডারেটর, নিয়ন্ত্রক দণ্ড ও শীতলকারক পদার্থ (coolant) বা শীতক থাকে। দ্রুতগতিসম্পন্ন নিউট্রনগুলিকে মন্দীভূত করার জন্য মডারেটর ব্যবহার করা হয়। মডারেটর হিসেবে ভারী পানি (heavy water), গ্রাফাইট ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। চেইন বিক্রিয়া শুরু, বন্ধ বা নিয়ন্ত্রণ করার জন্য নিয়ন্ত্রক দণ্ড ব্যবহার করা হয়। ক্যাডমিয়াম বা বোরন দণ্ড নিয়ন্ত্রক দণ্ড হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

পারমাণবিক চুল্লির কার্যনীতি

[235]U এর জ্বালানি দণ্ড, তাপীয় নিউট্রনের আঘাতে বিভাজিত হয়ে উচ্চ বেগসম্পন্ন গৌণ নিউট্রন উৎপন্ন হয়। গৌণ নিউট্রন উৎপন্ন হওয়ার সাথে সাথে সাধারণত মডারেটর দ্বারা মন্দীভূত হয়ে পরবর্তী নিউক্লীয় বিভাজনের জন্য তৈরি হয়। ভারী পানি নিউট্রনকে শোষণ করে না, তবে নিউট্রনের শক্তি শোষণ করে। প্রয়োজনমতো নিউট্রনকে শোষণ করার কাজে ক্যাডমিয়াম দণ্ডের সেট ব্যবহার করা হয়। ক্যাডমিয়াম দণ্ডগুলি ওপরে নিচে চলাচলের মাধ্যমে নিউট্রনের নিয়ন্ত্রক হিসেবে কাজ করে। মজ্জার অভ্যন্তরস্থ স্থানে উৎপন্ন উচ্চ তাপকে মজ্জার বাহিরে এনে ওই তাপশক্তিকে তাপ বিনিময় যন্ত্রের সাহায্যে কাজে লাগিয়ে পানিকে বাষ্পে পরিণত করা হয়। টারবাইন ঘুরানোর জন্য মাধ্যমে বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন করা হয়। আবার উচ্চ চাপের অধীনে পানিকে শীতলকারক হিসেবে মজ্জার মধ্যে পাঠানো হয়। এর ফলে মজ্জার তাপমাত্রাও নিয়ন্ত্রণে থাকে। নিরাপত্তাজনিত কোনো কারণে নিউক্লীয় চুল্লি বন্ধ করার জন্য অতিরিক্ত ক্যাডমিয়াম দণ্ডের সেট রাখা হয় যা প্রয়োজনে ব্যবহার করা হয়।

স্থির বা নিশ্চল ভর (Rest mass)

সংজ্ঞা: স্থির অবস্থায় বস্তুর ভরকে স্থির বা নিশ্চল ভর বলে।

আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে বস্তুর ভর তার বেগের সাথে পরিবর্তিত হয়। বস্তুর গতিবেগ আলোর বেগের কাছাকাছি হলে ভর উল্লেখযোগ্য ভাবে বৃদ্ধি পায়।

আপেক্ষিক ভর (Relative mass)

সংজ্ঞা: কোনো প্রসঙ্গ-কাঠামো (reference frame) থেকে স্থির পর্যবেক্ষক বস্তুর যে ভর পরিমাপ করেন তা বস্তুটির আপেক্ষিক ভর। এই ভরটি ঐ প্রসঙ্গ কাঠামো সাপেক্ষে ঐ বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে।

নিশ্চল ভর সৃষ্টি হয় বস্তু আর হিগস ক্ষেত্রের হিগস কণার সংঘাত থেকে। আর আপেক্ষিক ভর সৃষ্টি হয় নিশ্চল ভর ও মৌলিক কণার গতি থেকে। প্রতিটি পরমাণুতে কণা গুলো কম্পমান। এই কম্পনের উপরেও ভর নির্ভর করে। সাধারণত ভরকে m দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তবে একইসাথে স্থির ভর ও আপেক্ষিক ভর দু'টোই উল্ল্যেখ থাকলে এদেরকে যথাক্রমে m_0 এবং m দ্বারা সনাক্ত করা হয়।

আপেক্ষিক ভর ও নিশ্চল ভরের সম্পর্ক

আপেক্ষিক ভর ও আলোর বেগ যথাক্রমে m ও c এবং m_0 নিশ্চল ভরবিশিষ্ট কোনো বস্তু v বেগে গতিশীল হলে আইস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ব হতে পাই—

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ভরশক্তি সমীকরণ

কোনো বস্তু ভর এবং আলোর গতির বর্গকে গুণ করলে ঐ বস্তুর অন্তর্নিহিত শক্তির পরিমান পাওয়া যায়। ইহাকে ভরশক্তি সমীকরণ বলে।

ক্লাসিক্যাল পদার্থবিদ্যায় ভর ও শক্তি দুটি আলাদা হলেও আধুনিক পদার্থবিদ্যায় ভর হচ্ছে শক্তির'ই আরেক রূপ।

বিজ্ঞানী আইনস্টাইন এর ভর শক্তির সম্পর্ক হলো পদার্থবিজ্ঞানের কালজয়ী সুত্র। আইস্টাইন তার আপেক্ষিক তত্ত্বের সাহায্যে এই বিষ্ময়কর সুত্র আবিষ্কার করেন। এই সুত্রকে ভর শক্তি রূপান্তরের সুত্র বলা হয়। সুত্রটি নিম্নরূপ—

$$E = mc^2$$

এখানে,

E = বস্তুর অন্তর্নিহিত শক্তি।

m = বস্তুর ভর।

c = আলোর বেগ। শুন্যস্থানে এর মান $c = 3\times10^8$ m/s (প্রায়)

সুত্রটি পূর্ণাঙ্গ রূপ হচ্ছে, $E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$
যেখানে p হচ্ছে বস্তু বা কণার ভরবেগ।

CamScanner

পারমাণবিক ভর একক (Atomic mass unit or amu)

কোনো মৌলের একটি পরমাণুর প্রকৃত ভরকে যে এককে প্রকাশ করা হয়, তাকে পারমাণবিক ভর একক (amu) বলে। এর পূর্ণরূপ হলো Atomic mass unit. সাধারণত পারমাণবিক ও নিউক্লিয় পদার্থবিদ্যায় ভরের এই একক ব্যবহার করা হয়।

একটি পরমাণুর ভর খুবই নগণ্য। তাই পরমাণুর প্রকৃত ভর বিবেচনা করা হয় না। নিউক্লীয় পদার্থবিজ্ঞানে ভরের প্রচলিত একক হলো পারমাণবিক ভর একক (amu)। 1960 সাল থেকে ^{12}C (12 ভর বিশিষ্ট কার্বন) মৌলকে প্রমাণ মৌল ধরে এর সাহায্যে অন্য সকল মৌলের ভর নির্ণয় করা হয়।

এক পারমাণবিক ভর (1 amu) বলতে ^{12}C (12 ভর বিশিষ্ট কার্বন) পরমাণুর ভরের 1/12 অংশ বুঝায়।

$$1 \text{ amu} = 1.66057 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

বা, $$1 \text{ amu} = 1.66057 \times 10^{-24} \text{ gm}$$

নিউট্রন, প্রোটন প্রভৃতি কণার ভর amu এককে প্রকাশ করা যায়। এই এককে প্রোটন ও নিউট্রনের ভর যথাক্রমে 1.007277 amu ও 1.008665 amu.

1 amu ভরের সমতুল্য শক্তি

ভরশক্তি সমীকরণ হতে পাই—

$$E = mc^2$$
$$= (1.66 \times 10^{-27}) \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 1.495 \times 10^{-10} \text{ J}$$
$$= 933.3 \times 10^6 \text{ eV}$$
$$= 933 \text{ MeV (প্রায়)}$$

এখানে,

$m = 1$ amu
$= 1.66 \times 10^{-27}$ kg

$c = 3 \times 10^8$ m/s

$E = ?$

CamScanner

নিউক্লীয় শক্তির উপর গ ও ঘ ক্যাটাগরির প্রশ্নাবলী

Q1. একটি ইলেকট্রনের স্থির অবস্থায় ভর 9.1×10^{-31} kg; এর সমতুল শক্তি নির্ণয় কর। (গ)

Q2. একটি ইলেকট্রনের স্থির অবস্থায় ভর 9.1×10^{-31} kg। ইলেকট্রনটি আলোর দ্রুতির 90% দ্রুতিতে গতিশীল। আইনস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে গতিশক্তি নির্ণয় কর। (গ)

Q3. 1.6×10^{6} eV গতিশক্তি সম্পন্ন ইলেকট্রনের ভর কত? (গ)

Q4. 12 amu ভরের সমতুল শক্তি eV এবং MeV এককে প্রকাশ কর। (গ)

Q5. একটি বস্তুকণার মোট শক্তি স্থির অবস্থায় শক্তির দ্বিগুণ হলে কণাটির বেগ নির্ণয় কর। (ঘ)

Q6. সরকার বিদ্যুৎ শক্তির ক্রমবর্ধমান চাহিদা পূরণের জন্য রূপপুরে পারমানবিক বিদ্যুত উৎপাদন কেন্দ্র স্থাপনের সিদ্ধান্ত নিয়েছে। যার বিদ্যুত উৎপাদন ক্ষমতা 2500 MW।

ক) নিউক্লিও শক্তি কাকে বলে?

খ) বল প্রয়োগ করলে সকল ক্ষেত্রে কাজ সম্পূর্ণ হয়না ব্যাখ্যা কর

গ) ঐ কেন্দ্রটি একটি কতগুলো বিদ্যুত শক্তি উৎপাদন করতে পারবে ব্যাখ্যা কর।

ঘ) বিদ্যুত কেন্দ্রটির কার্যদক্ষতা 62.5 % হলে এবং সবটুকু ভর প্রদত্ত শক্তিতে রূপান্তরিত হলে প্রকল্পটি 2 বছর চালাতে কী পরিমান জ্বালানি ব্যবহৃত হবে?

Q. $E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$ হতে $E = mc^2$ সূত্রের প্রতিপাদন —

= আপেক্ষিক ভর ও আলোর বেগ যথাক্রমে m ও c হলে এবং m_0 নিশ্চল ভর বিশিষ্ট কোন বস্তু v বেগে গতিশীল হলে আইনস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে;

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

বা, $$m^2 = \frac{m_0^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

বা, $$m_0^2 = m^2\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$$

বা, $$m_0^2 = \frac{m^2c^2 - m^2v^2}{c^2} \quad \text{......(1)}$$

আইনস্টাইনের ভর-শক্তির সমীকরণ হতে পাই;

$$E^2 = (pc^2) + (m_0c^2)^2$$

বা, $E^2 = m^2v^2c^2 + m_0^2c^4$ [∵ $p = mv$]

বা, $E^2 = m^2v^2c^2 + \frac{m^2c^2 - m^2v^2}{c^2}\cdot c^4$ [(1) নং হতে]

বা, $E^2 = m^2v^2c^2 + m^2c^4 - m^2v^2c^2$

বা, $E^2 = (mc^2)^2$

∴ $E = mc^2$ (Proved)

Q1.

= একটি ইলেকট্রনের স্থির অবস্থায় সমতুল্য শক্তি E_0 হলে;
ভরশক্তির সমীকরণ হতে পাই,

$$E_0 = m_0c^2$$
$$= (9.11\times10^{-31})\times(3\times10^8)^2$$
$$= 8.19\times10^{-14}\ J$$

(Ans)

এখানে;
$m_0 = 9.11\times10^{-31}$
$c = 3\times10^8$
$E_0 = ?$

Q2.

= ইলেকট্রনের আপেক্ষিক ভর m হলে;
আমরা জানি;

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$
$$= \frac{9.1\times10^{-31}}{\sqrt{1-\left(\frac{2.7\times10^8}{3\times10^8}\right)^2}}$$
$$= 2.09\times10^{-30}$$

এখানে;
$m_0 = 9.1\times10^{-31}$
$c = 3\times10^8$
$v =$ c এর 90%
$= \frac{3\times10^8\times90}{100}\ ms^{-1}$
$= 2.7\times10^8\ ms^{-1}$
$m = ?$

ইলেকট্রনের হারানো ভর Δm হলে;

$$\Delta m = m - m_0$$

$$= (2.09 \times 10^{-30}) - (9.1 \times 10^{-31})$$

$$= 1.18 \times 10^{-30}\ kg$$

∴ আইনস্টাইনের তত্ত্বানুসারে e^- গতিশক্তি E হলে;

$$E = \Delta m c^2$$

$$= (1.18 \times 10^{-30}) \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 1.06 \times 10^{-13}\ J$$

(Ans)

Q3.

= e^- ভর এবং শক্তি যথাক্রমে m ও c হলে

আমরা জানি;

$$E = mc^2$$

বা, $m = \frac{E}{c^2}$

$$= \frac{2.56 \times 10^{-13}}{(3 \times 10^8)^2}$$

$$= 2.84 \times 10^{-30}$$

(Ans)

দেওয়া;

$c = 3 \times 10^8$

$E = 1.6 \times 10^6\ eV$

$= (1.6 \times 10^6) \times (1.6 \times 10^{-19})\ J$

$= 2.56 \times 10^{-13}\ J$

০৫.

= ওর শক্তির সমীকরণ হতে পাই;

$$E = mc^2$$

তথ্যমতে,

$m = 12\ amu$
$= (12 \times 1.66 \times 10^{-27})\ kg$
$= 2 \times 10^{-26}\ kg$
$c = 3 \times 10^{8}\ ms^{-1}$

$$= 2 \times 10^{-26} \times (3 \times 10^{8})^2$$

$$= 1.8 \times 10^{-9}\ J$$

$$= \frac{1.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}}\ eV$$

$$= 1.13 \times 10^{10}\ eV \text{ (Ans)}$$

$$= 1.13 \times 10^{4}\ MeV \text{ (Ans)}$$

০৬.

= স্থির অবস্থায় কোন বস্তুর শক্তি E_0 হলে,

$$E_0 = m_0 c^2$$

আবার, গতিশীল অবস্থায় বস্তুর শক্তি E হলে;

$$E = mc^2.$$

প্রশ্নমতে; $E = 2E_0$.

$$mc^2 = 2m_0c^2$$

বা, $\frac{m}{m_0} = 2$ ——— ①.

আবার,

আপেক্ষিক ভর, ও আলোর বেগ যথাক্রমে m ও c এবং m_0 নিশ্চল অবস্থায় কোন বস্তু v বেগে গতিশীল হলে আইনস্টাইনের আপেক্ষিক ভর হবে পারে;

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

বা, $\left(\frac{m}{m_0}\right)^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বা, $2^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

বা, $1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$.

বা, $\frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{4}$.

বা, $v^2 = \frac{3}{4} \times (3 \times 10^8)^2$

বা, $v^2 = 6.75 \times 10^{16}$.

$\therefore v = 2.6 \times 10^8 \ ms^{-1}$

(Ans)

এখানে,

$m = \frac{m}{m_0}$

$c = 3 \times 10^8$.

ক্ষমতা

সংজ্ঞা: কোন বস্তু কাজ করার হারকে ক্ষমতা বলে।

ইহাকে P দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

MKS পদ্ধতি ইহার একক W বা JS^{-1} বা $kg\,m^2 s^{-3}$.

একক সময়ের কৃতকাজ দ্বারা ক্ষমতা পরিমাপ করা হয়।

অর্থাৎ,

t সময়ে কোন বস্তু কর্তৃক কৃত কাজ W.

1 " " " " " $\frac{W}{t}$

∴ সংজ্ঞানুসারে ক্ষমতা P হলে;

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{Fs}{t} \qquad P = \frac{E}{t} \qquad P = FV$$

$$P = \frac{mgh}{t} \qquad P = \frac{E_K}{t} \qquad P = \frac{ms^2}{t^3}$$

$$P = \frac{mas}{t} \qquad P = \frac{E_P}{t}$$

ক্ষমতা এর মাত্রা $[P] = ML^2T^{-3}$.

FPS পদ্ধতিতে ক্ষমতার একক হচ্ছে HP (Horse power) অশ্ব ক্ষমতা।

অশ্ব ক্ষমতা: FPS পদ্ধতিতে প্রতি সেকেন্ডে 550 poundal (পাউন্ডাল) ওজনের কোন বস্তুকে ভূমি হতে 1 ফুট উপরে তোলার ক্ষমতাকে 1 HP বলে।

CamScanner

অথবা : 550 পাউন্ডাল বল প্রয়োগে বলের অভিমুখে বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে সরণ 1 ফুট হলে যে কাজ সম্পাদিত হয় তার ক্ষমতাকে 1 HP বলে।

* বিজ্ঞানী জেমস ওয়াট সর্বপ্রথম অশ্বের ক্ষমতার মাধ্যমে ক্ষমতা পরিমাপ করেন। অর্থাৎ বিজ্ঞানী জেমস ওয়াট সর্বপ্রথম ক্ষমতার একক হিসেবে HP আবিষ্কার করেন।

1 HP = 746 W.

— অন্যভাবে বলা যায় প্রতি সেকেন্ডে কোন ইঞ্জিনের কৃতকাজ 746 W হলে তার ক্ষমতাকে 1 HP বলে।

CamScanner

পাম্পের ক্ষমতা পরিমাপে কৃতকাজ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে কুয়া বা চৌবাচ্চার কার্যকর গভীরতা নির্ণয়

কুয়া বা চৌবাচ্চা খালি করার ক্ষেত্রে কার্যকর গভীরতার বিষয়টি দুটি ধারণায় বিশ্লেষণ করা যায়—

1. গড় গভীরতা
2. ভরকেন্দ্রের সরণ

ধারণা ১: গড় গভীরতা

কুয়ার তরলকে যদি আমরা কতগুলো কণার সমষ্টি হিসেবে চিন্তা করি তবে ভিন্ন ভিন্ন ভরবিশিষ্ট প্রতিটি তরলের ফোঁটাকে কুয়ার গভীরতার সমান উচ্চতায় উঠাতে হবে না। কারণ কুয়ায় অবস্থিত নিম্নতলে তরলের ফোটাকে কুয়ার গভীরতার সমান উচ্চতায় উঠালেও এর উপরিতলের তরলের ফোটাকে পর্যায়ক্রমে কম গভীরতা পর্যন্ত উঠাতে হয়। কেননা, পুরো কুয়ায় অবস্থিত তরলের ফোঁটাগুলো ভিন্ন ভিন্ন গভীরতায় অবস্থান করে। এজন্য কুয়া বা চৌবাচ্চা খালি করার ক্ষেত্রে গড় গভীরতা নেয়া হয়।

গড় গভীরতা, h^c = (যতটুকু তরল অপসারিত হবে তার উপরিতলের গভীরতা + যতটুকু তরল অপসারিত হবে তার নিম্নতলের গভীরতা) / ২

অর্থাৎ কুয়ার গভীরতার h এবং পাম্পের কৃজকাজ নির্ণয়ে কার্যকর গভীরতা h^c হলে—

- পরিপূর্ণ কুয়ার সম্পূর্ণ তরল শুন্য করার ক্ষেত্রে গড় গভীরতা বা কার্যকর গভীরতা হবে,
  $h^c = (0 + h)/2$
  $= h/2$

- পরিপূর্ণ কুয়ার অর্ধেক তরল শুন্য করার ক্ষেত্রে গড় গভীরতা বা কার্যকর গভীরতা হবে,
  $h^c = (0+ h/2) /2$
  $= h/4$

- অর্ধপূর্ণ কুয়ার তরল শুন্য করার ক্ষেত্রে গড় গভীরতা বা কার্যকর গভীরতা হবে,
  $h^c = (h/2 + h)/2$
  $= 3h/4$

- দুই তৃতীয়াংশ পূর্ণ কুয়ার তরল অর্ধেক শুন্য করার ক্ষেত্রে গড় গভীরতা বা কার্যকর গভীরতা হবে,
  $h^c = (h/3 + 2h/3) /2$
  $= h/2$

- এক তৃতীয়াংশ পূর্ণ কুয়ার তরল শুন্য করার ক্ষেত্রে গড় গভীরতা বা কার্যকর গভীরতা হবে,
  $h^c = (2h/3 + h)/2$
  $= 5h/6$

আমরা বলতে পারি একই যন্ত্র দ্বারা যেকোনো কুয়ার ক্ষেত্রে উপরের অর্ধেক খালি করতে যে সময় লাগে নিচের অর্ধেক খালি করতে তার থেকে বেশি সময় লাগে। কারণ, 2 ও 3 হতে $(h/4) < (3h/4)$
অর্থাৎ গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর ৩য় সুত্রানুসারে ($h \propto t^2$) উপরের অংশ খালি করতে কম উচ্চতা খালি করতে হবে ফলে কম সময় লাগবে আর নিচের অংশ খালি করতে বেশি উচ্চতা খালি করতে হবে ফলে বেশি সময় লাগবে।

ধারণা ২: ভরকেন্দ্রের সরণ
একটি বস্তু যেভাবেই অবস্থান করুক না কেনো উহার সমস্ত ভর বস্তুটির যে বিন্দু দিয়ে ক্রিয়া করে তাকে ঐ বস্তুর ভরকেন্দ্র বলে। অর্থাৎ ভরকেন্দ্র হচ্ছে বস্তুর এমন একটি কেন্দ্রবিন্দু যার সাপেক্ষে বস্তুর সব ভর ভ্রামক শুন্য হবে। তথা বস্তুটিকে কতগুলো কণার সমষ্টি কল্পনা করে এর এমন একটি বিন্দু থাকবে যার উভয়পাশের বস্তুকণার ভর ও বিন্দুটি সাপেক্ষে এর দুরত্বের গুণফলের সমষ্টি পরষ্পর সমান হয়, তবে সেই বিন্দুটিকে বস্তুটির ভরকেন্দ্র বলে। ভরকেন্দ্র কে ভারকেন্দ্র বা অভিকর্ষজ কেন্দ্র বা ভারবেগ নামেও অভিহিত করা হয়।

বিভিন্ন আকৃতির বস্তুর ভরকেন্দ্র বস্তুর বিভিন্ন স্থানে হয়। সুষম বেলন বা সিলিন্ডার আকৃতির বস্তুর ভরকেন্দ্র এর জ্যামিতিক অক্ষের মধ্যবিন্দুতে হয়। কুয়ার তরলকে যদি আমরা সুষম সিলিন্ডার আকৃতির বস্তু হিসেবে ধরে নিই তবে তরলের ভরকেন্দ্রের সরণ'ই সম্পূর্ণ পানির সরণ বলে বিবেচিত হবে।

এক্ষেত্রে, সুষম সিলিনন্ডার আকৃতির তরলের ক্ষেত্রে এর ভরকেন্দ্রের সরণ গড় উচ্চতার সমান হবে।

সুষম সিলিনন্ডার আকৃতির তরলের ভরকেন্দ্রের সরণ বা কার্যকর উচ্চতা, h^c = (অপসারণ যোগ্য তরলের উচ্চতা / 2) + তরল বিহীন উচ্চতা

পরিশিষ্ট:
কোনো যন্ত্র দ্বারা কুয়ার তরল শুন্য করার ক্ষেত্রে যন্ত্রের কৃতকাজ, $W = mgh^c$
এখানে,
m = কুয়ার যতটুকু আয়তনের পানিশুন্য করতে হবে ততটুকু আয়তনের পানির ভর।
g = অভিকর্ষজ ত্বরণ
h^c = কার্যকর উচ্চতা বা ভরকেন্দ্রের সরণ।

কর্মদক্ষতা

সংজ্ঞাঃ ① কোন যন্ত্রের লভ্য কার্যকর শক্তি এবং মোট প্রদত্ত শক্তির অনুপাতকে কর্ম দক্ষতা বলে।

② কোন যন্ত্রের লভ্য কার্যকর ক্ষমতা এবং মোট প্রদত্ত ক্ষমতার অনুপাতকে কর্ম দক্ষতা বলে।

* ইহাকে n বা η (ইটা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কর্মদক্ষতা দুটি সমজাতীয় রাশির অনুপাত হওয়ার এর কোন একক ও মাত্রা নেই। কর্মদক্ষতাকে সাধারণত শতকরায় হিসাব করা হয়।

কর্মদক্ষতার রাশিমালা

কোন ইঞ্জিনে মোট প্রদত্ত শক্তি E_{input} এবং ইঞ্জিন হতে লভ্য কার্যকর শক্তি E_{output} হলে;

$$\text{কর্মদক্ষতা } \eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

আবার, কোন ইঞ্জিনে মোট প্রদত্ত ক্ষমতা P_{input} এবং ইঞ্জিন হতে লভ্য কার্যকর ক্ষমতা P_{output} হলে;

$$\text{কর্মদক্ষতা } \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

কোন যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 100% হলে আমরা পাই-:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$$

CamScanner

বা, $100\% = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$ [যেহেতু $\eta = 100\%$]

$\therefore E_{output} = E_{input}$.

অর্থাৎ কোন যন্ত্রের কার্যক্ষমতা যদি ১০০% হয় তবে যন্ত্রটিতে মোট প্রদত্ত শক্তি এর লভ্য কার্যকর শক্তির সমান হবে।

অনুরূপভাবে, কোন যন্ত্রের কার্যক্ষমতা যদি ১০০% হয় তবে যন্ত্রটিতে মোট প্রদত্ত ক্ষমতা এর লভ্য কার্যকর শক্তির সমান হবে।

অর্থাৎ কার্যদক্ষতা $= \frac{\text{লভ্য কার্যকর শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}} \times 100\%$ —— (i)

আবার, লভ্য কার্যকর শক্তি = প্রদত্ত শক্তি − অপচয়কৃত শক্তি —— (ii)

(i) ও (ii) হতে পাই:

$$\text{কার্যদক্ষতা} = \frac{\text{প্রদত্ত শক্তি} - \text{অপচয়কৃত শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি।}} \times 100\% \quad \text{—— (iii)}$$

এখন কোন ইঞ্জিনে প্রদত্ত শক্তি E এবং ইঞ্জিনের অপচয়কৃত শক্তি E′ হলে (iii) নং অনুসারে পাই:

$$\text{কার্যদক্ষতা } \eta = \frac{E - E'}{E} \times 100\%$$

$$\text{বা, } \eta = \left(\frac{E}{E} - \frac{E'}{E}\right) \times 100\%$$

$$\text{বা, } \eta = \left(1 - \frac{E'}{E}\right) \times 100\%$$

CamScanner

অনুরূপভাবে -

$$\text{কর্মদক্ষতা} = \frac{\text{লভ্য কার্যকর ক্ষমতা}}{\text{মোট প্রদত্ত ক্ষমতা}} \times 100\% \quad \text{—— (iv)}$$

আবার, লভ্য কার্যকর ক্ষমতা = প্রদত্ত ক্ষমতা – অপচয়কৃত ক্ষমতা, — (v)

(iv) ও (v) হতে পাই;

$$\text{কর্মদক্ষতা} = \frac{\text{প্রদত্ত ক্ষমতা} - \text{অপচয়কৃত ক্ষমতা}}{\text{প্রদত্ত ক্ষমতা}} \times 100\% \quad \text{—— (vi)}$$

এখন কোন ইঞ্জিনে প্রদত্ত ক্ষমতা P এবং ইঞ্জিনের অপচয়কৃত ক্ষমতা P' হলে (vi) নং অনুসারে পাই;

$$\text{কর্মদক্ষতা } \eta = \frac{P - P'}{P} \times 100\%$$

$$\text{বা, } \eta = \left(\frac{P}{P} - \frac{P'}{P}\right) \times 100\%$$

$$\therefore \eta = \left(1 - \frac{P'}{P}\right) \times 100\%$$

(খ) কোন যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 70% বলতে কী বোঝায়? ব্যাখ্যা কর।

= কোন যন্ত্রের লভ্য কার্যকর শক্তি বা ক্ষমতা এবং যথাক্রমে মোট প্রদত্ত শক্তি বা ক্ষমতার অনুপাতকে কর্মদক্ষতা বলে।

কোন যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 70% বলতে বুঝায় ঐ যন্ত্রে মোট প্রদত্ত শক্তির 30% নষ্ট হয়।

বইয়ের ২২৪ পৃঃ

ড

বস্তুটির গতিশক্তি E_k হলে;

$E_k = \frac{1}{2} mv^2$

বা, $v^2 = \frac{2E_k}{m}$

বা, $v = \frac{\sqrt{2E_k}}{\sqrt{m}}$

বা, $v = \frac{\sqrt{2 \times 500}}{\sqrt{5}}$

$\therefore v = 14.142 \ ms^{-1}$

এখানে;
$E_k = 500 \ J.$
$m = 5 \ kg.$
$v = ?$

বস্তুটির ত্বরণ a হলে;

$v = u + at.$

বা, $a = \frac{v-u}{t}.$

$= \frac{14.142 - 0}{10}$

$= 1.4142 \ ms^{-2}.$

এখানে;
$u = 0 \ ms^{-1}$
$v = 14.142 \ ms^{-1}$
$t = 10 \ s.$

$\therefore$ প্রয়োগকৃত বলের পরিমান F হলে;

$F = ma$
$= 5 \times 1.4142$
$= 7.071. \ N.$ (Ans)

এখানে;
$m = 5 \ kg.$
$a = 1.4142 \ ms^{-2}$
$F = ?$

৪। একই সুতা দ্বারা যুক্ত থাকায় 10 kg ভরের বস্তুটি যে ত্বরণে নিচে নামবে একই ত্বরণে 5 kg ভরের বস্তুটি উপরে উঠবে।
এদের ত্বরণ a হলে—

∴ নিউটনের গতির ২য় সূত্রানুসারে পাই;

$$w_1 - w_2 = (m_1 + m_2)a$$

বা, $m_1 g - m_2 g = (m_1 + m_2)a$

বা, $g(m_1 - m_2) = (m_1 + m_2)a$

বা, $a = \frac{g(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)}$

$= \frac{9.8 \times (10-5)}{10+5}$

$= \frac{49}{15}$

$= 3.267 \ ms^{-2}$

এখানে;
$m_1 = 10$ kg
$m_2 = 5$ kg
$g = 9.8 \ ms^{-2}$

আবার, উভয়ের আদিবেগ ও ত্বরণ একই হওয়ায় তাদের গতিবেগ একই হবে। সুতরাং উভয়ের বেগ v হলে,

$$v^2 = u^2 + 2as$$

বা, $v^2 = 0^2 + 2 \times 3.267 \times 1$

বা, $v = \sqrt{6.534}$

∴ $v = 2.56 \ ms^{-1}$

(Ans)

এখানে;
$u = 0$
$a = 3.267 \ ms^{-2}$
$s = 1$ m
$v = ?$

৪। বিকল্প পদ্ধতি :

শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসারে বস্তুদুটির বিভব শক্তির লব্ধি তাদের গতিশক্তির লব্ধির সমান হয়। অর্থাৎ উভয়ের বেগ V হলে,

$$m_1 gh - m_2 gh = \frac{1}{2}(m_1+m_2)V^2$$

$$\Rightarrow 2gh(m_1-m_2) = (m_1+m_2)V^2$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2gh(m_1-m_2)}{m_1+m_2}}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2\times 9.8\times 1\,(10-5)}{10+5}}$$

$$\therefore V = 2.56\ ms^{-1}$$

(Ans)

এখানে,
$m_1 = 10$ kg
$m_2 = 5$ kg
$g = 9.8\ ms^{-2}$
$h = 1$ m
$V = ?$

※ একটি 50 N ওজনের বস্তুকে 5 m উচ্চতায় উঠানোর জন্য একটি বৈদ্যুতিক মোটর ব্যবহার করা হলো। এটি 65 J তড়িৎ শক্তি ব্যবহার করে।

(ক) মোটর কর্তৃক অপচয়কৃত শক্তির পরিমাণ কত?
(খ) মোটরের কর্মদক্ষতা কত?

(ক) উত্তর: লভ্য কার্যকর শক্তি E হলে,

$$E = F h$$

$= 10 \times 5$

$= 50 J$

এখানে,
$F = 10 N$
$h = 5 m$
$= 65$
অপচয়কৃত শক্তি = ?

অপচয়কৃত শক্তি = প্রদত্ত শক্তি − লভ্য কার্যকর শক্তি

$= 65 - 50$

$= 15 J$

(Ans.)

CamScanner

(ক) উত্তর: আমরা জানি,

$$\eta = \frac{\text{লভ্য কার্যকর শক্তি}}{\text{প্রদত্ত শক্তি}} \times 100\%$$

$$= \frac{50}{65} \times 100\%$$

$$= 76.92\%$$

এখানে,

লভ্য কার্যকর শক্তি বা ব্যয়িত শক্তি $= 50J$

প্রদত্ত শক্তি $= 65J$

কর্মদক্ষতা $\eta = ?$

CamScanner

একটি কুয়ার ব্যাস $d = 5m$ উচ্চতা $h = 25\,m$ একটি পাম্পের সাহায্যে কুয়াটিকে $t = 20\,min$ এ পানি শূন্য করা যায়।

(ক) কর্মদক্ষতা কি?

(খ) কোনো যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 30% বলতে কি বুঝ?

(গ) উদ্দীপকে, ~~যন্ত্রটির ক্ষমতা কত h.p~~ কুয়ায় কি পরিমাণ পানি আছে নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্দীপকে, যন্ত্রটির ক্ষমতা কত h.p হবে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

সৃজনশীল প্রশ্ন

একটি কুয়ার ব্যাস 3m, এবং গভীরতা 20 m একটি পাম্পের সাহায্যে 5 ঘন্টায় কুয়াটি পানিশূন্য করতে পারে।

(ক) অশ্বক্ষমতা কাকে বলে?

(খ) কোনো যন্ত্রের কর্মদক্ষতা 70% বলতে কি বুঝ?

(গ) উদ্দীপকে পাম্পের অশ্ব ক্ষমতা কত?

(ঘ) উদ্দীপকে আরও 2 HP ক্ষমতা সম্পন্ন পাম্প যুক্ত করলে কি রূপ সময় সাশ্রয় হবে গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

সৃজনশীল প্রশ্ন

❀ 40 kg ভরের একটি বালক এবং 60 kg ভরের একজন যুবক একটি ভবনের নিচতলা থেকে একসাথে দৌড় শুরু করে দৌড়ে একই সময়ে তাদের একই জায়গায় পৌঁছাল দৌড়ের সময় উভয়ের বেগ 30 m/min।

(ক) ক্ষমতা কি?

(খ) 50 J কাজ বলতে কি বুঝ?

(গ) যুবকের গতিশক্তি নির্ণয় কর।

(ঘ) তাদে উঠার ক্ষেত্রে দু'জনার ক্ষমতা সমান ছিল কিনা গাণিতিক যুক্তিসহ যাচাই কর।

(গ) আমরা জানি,

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 60 \times (0.5)^2$$

$$= 7.5 \text{ watt}$$

∴ যুবকের গতিশক্তি 7.5 watt.

এখানে,

$m = 60$ kg

$v = 30$ m/min

$= 0.5$ ms^{-1}

$E_K = ?$

(ঘ) ~~বালকের ক্ষেত্রে,~~

~~আমরা~~ জানি,

$$P_1 = \frac{W}{t_1}$$

$$= \frac{E_K}{t_1}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} m_1 v^2}{t} \text{ ——— (i)}$$

এখানে,

$W = E_K$

$E_K = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$

$t_1 = t_2 = t$

$v_1 = v_2 = v$

আবার,
যুবকের ক্ষেত্রে

$$P_2 = \frac{W}{t_2}$$

$$= \frac{E_K}{t_2}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} m_2 v^2}{t} \text{ ——— (ii)}$$

এখানে,

$W = E_K$

$E_K = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$t_1 = t_2 = t$

$v_1 = v_2 = v$

সমীকরণ (ii) কে (i) দ্বারা ভাগ করি।

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{1}{2} m_2 v^2}{t} \times \frac{t}{\frac{1}{2} m_1 v^2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{60}{40}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 1.5$$

$$\Rightarrow P_2 = 1.5 P_1$$

$\therefore P_2 > P_1$

অর্থাৎ, যুবকের ক্ষমতা বেশি।

※ একটি দেয়াশলাই এর কাঠি দেয়াশলাই বাক্সে 5N বলে ঘষা হলো। কাঠিটিকে 5 cm টানা হলো।

(ক) কাঠি ঘষাতে কত শক্তি ব্যয় হল?

(খ) কাঠি টানতে যদি 0.5 s সময় লাগে তাহলে কত ক্ষমতা লাগল?

(ক) উত্তর: আমরা জানি,

শক্তি = W

$W = Fx$

$\Rightarrow W = 5 \times 0.05$

$\therefore W = 0.25 J$

এখানে,

$F = 5N$

$x = 5cm$

$= 0.05 m$

$W = ?$

(খ) উত্তর: আমরা জানি,

$P = \frac{W}{t}$

$\Rightarrow P = \frac{0.25}{0.5}$

$\therefore P = 0.5 W$

এখানে,

$W = 0.25 J$

$t = 0.5 s$

$P = ?$

CS CamScanner

※ একটি জলবিদ্যুৎ প্রকল্পের রিজার্ভার সমুদ্র সমতল থেকে 800 m উঁচুতে এবং পাওয়ার স্টেশনটি 250 m উঁচুতে অবস্থিত। রিজার্ভারের পানি পাইপের মাধ্যমে এসে টারবাইন ঘুরায়। রিজার্ভারে 2×10^8 লিটার পানি আছে। যদি 1 লিটার পানির ভর 1 kg হয়, তবে রিজার্ভারের পানিতে কত বিভব শক্তি সঞ্চিত আছে?

উত্তর:

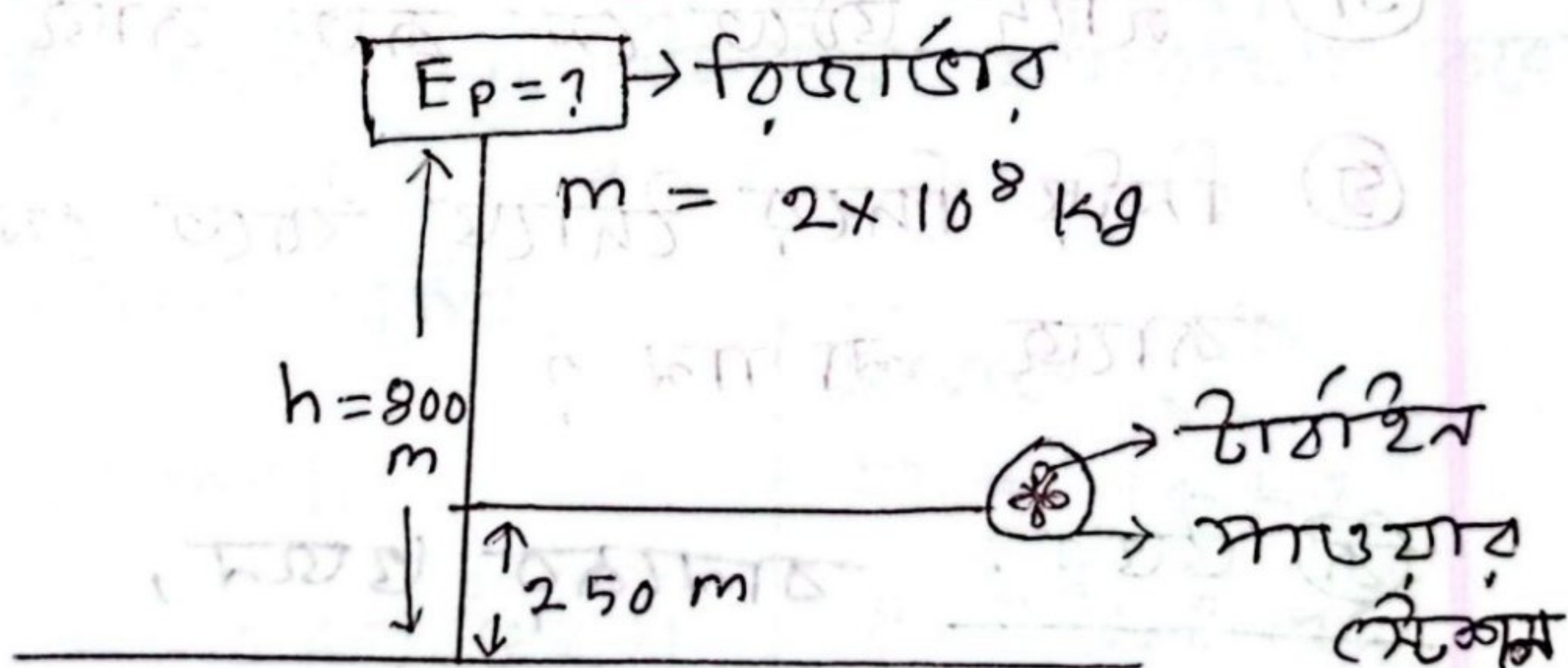
$E_p = ?$ → রিজার্ভার

$m = 2\times10^8$ kg

h = 800 m

250 m

টারবাইন

পাওয়ার স্টেশন

আমরা জানি,

$$E_p = mgh$$

$$= 2\times10^8 \times 9.8 \times 550$$

$$= 1.078 \times 10^{12}\ J$$

এখানে,

$h = (800 - 250)$ m

$= 550$ m

$g = 9.8\ ms^{-2}$

$m = 2\times10^8$ kg

$E_p = ?$

※ 40 kg ভরের এক বালক সিড়ি দিয়ে 12 s এ ছাদে উঠল। সিড়িতে ধাপের সংখ্যা 20টি এবং প্রতিটি ধাপের উচ্চতা 20 cm।

(ক) ঐ বালকের ওজন কত?

(খ) বালকটি মোট কত উচ্চতায় আরোহণ করেছিল?

(গ) ছাদে উঠতে সে কত কাজ করল?

(ঘ) সিড়ি দিয়ে দৌড়ে উঠতে সে কত ক্ষমতা কাজে লাগাল?

(ক) উত্তর: বালকের ওজন,

$$W = m.g$$
$$= 40 \times 9.8 \text{ N}$$
$$= 392 \text{ N}$$

এখানে,

$m = 40$ kg

$g = 9.8$ ms^{-2}

$W = ?$

CamScanner

CamScanner

(খ) উত্তর:

এখানে,

ধাপের সংখ্যা 20

1 টি ধাপের উচ্চতা 20 cm

মোট উচ্চতা $h = 20 \times 20$ cm

$= 400$ cm

$= 4$ m

∴ বালকটি মোট 4 m উচ্চতায় আরোহণ করেছিল।

(গ) উত্তর: আমরা জানি,

কাজ, $W = mgh$

$\Rightarrow W = 40 \times 9.8 \times 4$

$\therefore W = 1568$ J

এখানে,
$m = 40$ kg
$g = 9.8$ ms^{-2}
$h = 4$ m
$W = ?$

∴ ছাদে উঠতে সে 1568 J কাজ করল।

(ঘ) উত্তর: বালকের ক্ষমতা,

$P = \frac{mgh}{t}$

$\Rightarrow P = \frac{40 \times 9.8 \times 4}{12}$

$\therefore P = 130.66$ watt

এখানে,
$m = 40$ kg
$g = 9.8$ ms^{-2}
$h = 4$ m
$P = ?$

* 5 kg ভরের একটি বস্তু 5m উঁচু থেকে একটি পেরেকের উপর পড়লে পেরেকটি মাটির ভিতরে 10 cm ঢুকে যায়। মাটির গড় প্রতিরোধ বল কত?

→ আমরা জানি,

পতনশীল বস্তুর স্থিতিশক্তি = প্রতিরোধ বলের বিরুদ্ধে কাজ

∴ প্রতিরোধ বলের বিরুদ্ধে কাজ

$= F \times S$

$= F \times 0.1$ ——— (i)

এখানে,
বস্তুর ভর,
$m = 5 Kg$
উচ্চতা, $h = 5 m$
সরণ, $S = 10 cm$
$= 0.1 m$
প্রতিরোধ বল
$F = ?$

বস্তুটির মোট পতন $= h + s$
$= 5 + 0.1$
$= 5.1 m$

∴ বস্তুটির স্থিতিশক্তি $= mg(h+x)$
$= 5 \times 9.8 \times 5.1$
$= 249.9 J$

প্রশ্নমতে,

$F \times 0.1 = 249.9 J$

∴ $F = 2499 N$

∴ গড় প্রতিরোধ বল $= 2499 N$

বল, সরণ এবং কাজ : মনে করি একটি মার্বেল এর ভর m এবং এটি u আদি বেগে গতিশীল। এই মার্বেলের উপর বল প্রয়োগ করা হলো। ফলে বেগ পরিবর্তিত হয়ে v হলো, তাহলে বল প্রয়োগের আগে

গতিশক্তি = $\frac{1}{2}mu^2$ এবং বল প্রয়োগের পর

গতিশক্তি = $\frac{1}{2}mv^2$, এক্ষেত্রে কৃত কাজ হবে গতিশক্তিদ্বয়ের পার্থক্যের সমান।

∴ কাজ = গতিশক্তির পরিবর্তন।

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 \quad \text{——— (i)}$$

গতির সমীকরণ থেকে আমরা জানি,

$$v^2 = u^2 + 2as$$

বা $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mu^2 + mas$ [$\frac{1}{2}m$ দ্বারা গুণ করে]

⟶

বা $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mu^2 + FS$

বা $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2 = FS$ —— (iii)

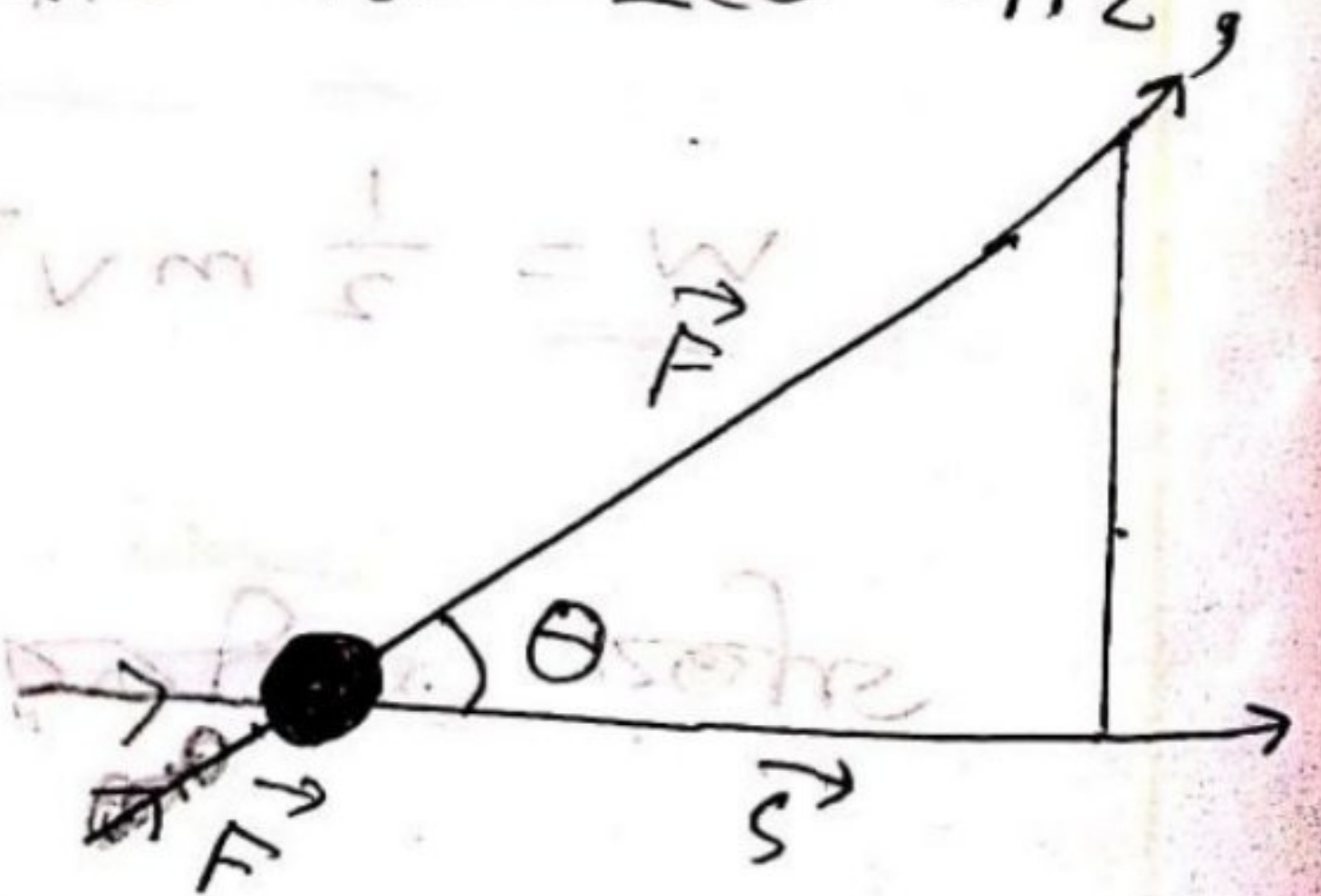
(i) ও (ii) হতে পাই,

$W = FS$

যদি সরণ অভিমুখে প্রযুক্ত বল বিবেচনা না করে বলের দিকে সরণের উপাংশ বিবেচনা করা হয় তাহলে চিত্র হতে পাই,

$W = FS\cos\theta$

ভেক্টর আকারে প্রকাশ করলে, $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$

কাজহীন বল : কোনো সচল বস্তুর সরণের লম্ব দিকে এক বা একাধিক বস্তুটির উপর ক্রিয়া করতে পারে। এই বলগুলির অভিমুখ সরণের অভিমুখের সাথে 90° কোণে থাকলে বস্তুর সরণের সময় এই বলগুলো কোনো কাজ করে না। এ ধরনের বলকে কাজহীন বল বলে।

※ কোনো বস্তুকে সমদ্রুতিতে ঘুরালে কাজ হয় না ব্যাখ্যা কর।

→ কোনো বস্তুকে সমদ্রুতিতে ঘুরালে কাজ হয় না। এক্ষেত্রে বস্তুর উপর হাত দ্বারা রশির মাধ্যমে প্রযুক্ত টান বা বল কেন্দ্রমুখী বলরূপে কাজ করে। প্রতিটি ক্ষুদ্র মুহূর্তে প্রযুক্ত বল $\vec{F}$ ও সংশ্লিষ্ট ক্ষুদ্র সরণের $(d\vec{s})$ এর মধ্যকার কোণ 90°. কারণ $\vec{F}$ এর দিক বৃত্তের কেন্দ্র বরাবর। তাই কাজ $W = FS\cos\theta = FS\cos 90^\circ = 0$ হয়।

Q অভিকর্ষ বল দ্বারা কাজ এবং স্থিতিস্থাপক বল দ্বারা কাজের তফাৎ লেখো।

→

অভিকর্ষ বলের দ্বারা কাজের ক্ষেত্রে,

$w = mgh$

$\therefore \boxed{w \propto h}$ [$mg =$ ধ্রুবক]

স্থিতিস্থাপক বলের দ্বারা কাজের ক্ষেত্রে,

$w = \frac{1}{2} k x^2$

$\therefore \boxed{w \propto x^2}$ [$\frac{1}{2}k =$ ধ্রুবক]

গতিশক্তি, ভরবেগ, ক্ষমতা, চাপ এর সম্পর্ক:

$E_K = \frac{1}{2} mv^2$

$= \frac{1}{2} \frac{mmv.v}{m}$

$= \frac{1}{2} \frac{(mv)^2}{m}$

$E_K = \frac{p^2}{2m}$ —— (i)

আবার,

$E_K = W$

$= mgh$

$= \frac{mgh}{t} . t$

$E_K = Pt$ —— (ii)

আবার,

$E_K = W$

$= mgh$

$= \frac{mghA}{A}$

$= \frac{F}{A} V$ $\therefore E_K = PV$ —— (iii)

(i), (ii) ও (iii) নং হতে পাই,

$E_K = \frac{p^2}{2m} = Pt = PV$

$\therefore$ গতিশক্তি $= \frac{\text{ভরবেগ}^2}{2 \times \text{ভর}}$

= ক্ষমতা × সময়

= চাপ × আয়তন

কাজ-শক্তি উপপাদ্য :

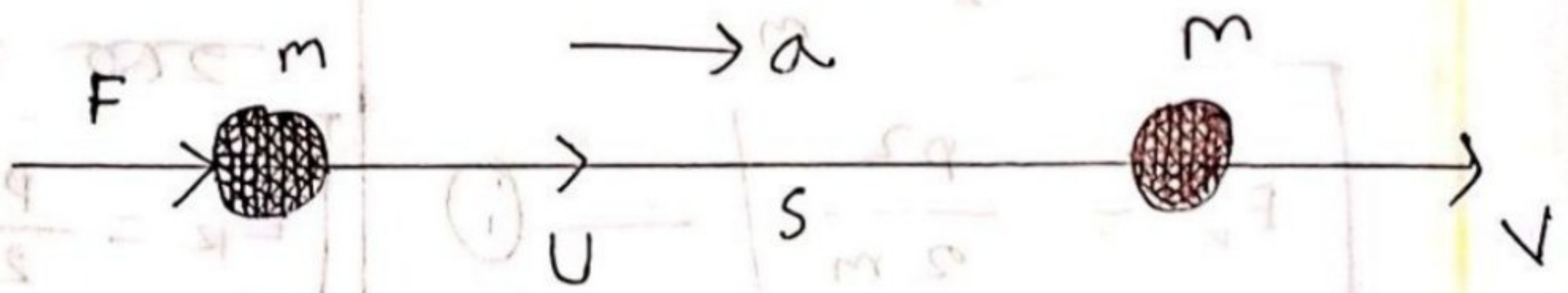
কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়ারত লব্ধি বল কর্তৃক কৃত কাজ তার গতিশক্তির পরিবর্তনের সমান।

প্রতিপাদন:

F, m, $\rightarrow a$, u, s, m, v

মনে করি m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু u আদিবেগে চলছে। গতির দিকে নির্দিষ্ট মানের একটি বল F বস্তুর উপর প্রয়োগ করলে বস্তুর বেগ বৃদ্ধি পাবে। ফলে বস্তু শক্তি লাভ করবে। মনে করি s দূরত্ব অতিক্রম করার পর শেষ বেগ v হলো। তা হলে কৃতকাজ,

$$W = Fs \quad \text{——— (1)}$$

বল কর্তৃক সৃষ্ট ত্বরণ,

$$a = \frac{F}{m} = \frac{v^2 - u^2}{2s} \qquad [\because v^2 = u^2 + 2as]$$

$$\therefore F = m\left(\frac{v^2 - u^2}{2s}\right) \text{ ——— (ii)}$$

(i) ও (ii) হতে পাই,

$$w = m\left(\frac{v^2 - u^2}{2s}\right) s$$

$$\Rightarrow w = \frac{mv^2 - mu^2}{2s} \cdot s$$

$$\Rightarrow w = \frac{1}{2}(mv^2 - mu^2)$$

$$\therefore \boxed{w = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2}$$

∴ কাজ = শেষ গতিশক্তি − আদি গতিশক্তি

∴ কাজ = শক্তি লাভ = শেষ গতিশক্তি − আদি গতিশক্তি

Q একটি বন্দুকের গুলি একটি তক্তা ভেদ করতে পারে। গুলির বেগ 3 গুণ করা হলে একই পুরুত্বের কয়টি তক্তা ভেদ করতে পারবে?

→ একটি তক্তা ভেদ করতে গতিশক্তি,

$E_K = \frac{1}{2} mv^2$ —— (i)

আবার, বেগ বৃদ্ধির পর গতিশক্তি,

$E_K' = \frac{1}{2} m v'^2$ —— (ii)

(ii) ÷ (i)

$\frac{E_K'}{E_K} = \frac{1/2\, mv'^2}{1/2\, mv^2}$

বা $\frac{n E_K}{E_K} = \frac{(3v)^2}{v^2}$

বা $n = 9$

∴ 9 টি তক্তা ভেদ করতে পারবে।

এখানে,
$E_K' = n E_K$
$v' = 3v$

একজন বালক ও একজন লোক একত্রে দৌড়াচ্ছেন। বালকটির ভর লোকটির ভরের অর্ধেক এবং লোকটির গতিশক্তি বালকটির গতিশক্তির অর্ধেক। লোকটি যদি তার বেগ $1\ ms^{-1}$ বৃদ্ধি করেন তবে তার গতিশক্তি বালকের গতিশক্তির সমান হয়। এদের আদিবেগ নির্ণয় কর।

→

বালকের ক্ষেত্রে,

$$E_{k_1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \quad \text{—— (i)}$$

লোকের ক্ষেত্রে,

$$E_{k_2} = \frac{1}{2} 2 m_1 v_2^2$$

$$E_{k_2} = m_1 v_2^2 \quad \text{—— (ii)}$$

এখানে,

বালকের ভর $= m_1$

লোকের ভর $= 2m_1$

বালকের আদিবেগ $= v_1 = ?$

লোকের আদিবেগ $v_2 = ?$

১ম শর্তানুসারে,

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = m_1 v_1^2$$

বা, $v_1^2 = 4v_2^2$ .... (iii)

২য় শর্তানুসারে,

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = m_1 (v_2+1)^2$$

বা $\frac{1}{2}\cdot 4v_2^2 = (v_2+1)^2$

বা $2v_2^2 = v_2^2 + 2v_2 + 1$

বা $-v_2^2 + 2v_2 + 1 = 0$

বা $v_2^2 - 2v_2 - 1 = 0$

$v_2 = 1 + \sqrt{2}$

$v_2 = 2.41\ ms^{-1}$

(Ans)

v_2 এর মান, (iii) এ বসাই,

$v_1^2 = 4\cdot(2.41)^2$

$v_1 = 4.82\ ms^{-1}$

(Ans)

দ্বিঘাত সমীকরণ সমাধান করে পাই এবং "–" মান গ্রহণযোগ্য নয়

একটি ভারী বস্তু ও একটি হালকা বস্তুর ভরবেগে সমান হলে, কোনটির গতিশক্তি বেশি হবে?

উঃ। মনে করি,

ভারী বস্তুর ভর m এবং ভরবেগ p_1 এবং গতিশক্তি E_{k_1} হলে,

$$E_{k_1} = \frac{p_1^2}{2m} \quad \text{—(i)}$$

আবার,

হালকা বস্তুর ভর m এবং ভরবেগ p_2 এবং গতিশক্তি E_{k_2} হলে,

$$E_{k_2} = \frac{p_2^2}{2m}$$

(i) ÷ (ii) করে পাই,

$$\frac{E_{k1}}{E_{k_2}} = \frac{p_1^2}{2m} \times \frac{2m}{p_2^2}$$

$$\Rightarrow \frac{E_{k_1}}{E_{k_2}} = \frac{p^2}{2m} \times \frac{2m}{p^2}$$

$$\Rightarrow M E_{k_1} = m E_{k_2}$$

এখন $M > m$ হলে, $E_{k_1} < E_{k_2}$ হবে।

সুতরাং হালকা বস্তুর গতিশক্তি বেশি।

Q একটি হালকা বস্তু এবং একটি ভারী বস্তুর গতিশক্তি সমান। কোনটির ভরবেগ বেশি?

→ মনে করি, ভারী বস্তুর ভর M ও বেগ v_1 এবং হালকা ভর m ও বেগ v_2।

অতএব, ভারী বস্তুর গতিশক্তি,

$$E_{k_1} = \frac{1}{2} M v_1^2 \quad \text{——— (i)}$$

হালকা বস্তুর গতিশক্তি,

$$E_{k_2} = \frac{1}{2} m v_2^2 \quad \text{——— (ii)}$$

প্রশ্নমতে, $E_{k_1} = E_{k_2}$

বা $\frac{1}{2} M v_1^2 = \frac{1}{2} m v_2^2$

বা $\frac{P_1^2}{2M} = \frac{P_2^2}{2m}$

বা $\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{M}{m}}$

$\therefore P_1 \sqrt{m} = P_2 \sqrt{M}$

m অপেক্ষা M বড় হলে ভারী বস্তুর ভরবেগ বেশি হবে।

Q 50 N ওজনের একটি বস্তুকে 6 m উচ্চতায় উঠানোর জন্য একটি লিফ্ট ব্যবহার করা হলো। এটি 70 J শক্তি অপচয় করে।

প্রদত্ত শক্তির পরিমাণ কত?

→ এখানে,

কার্যকর শক্তি = কাজ

$= Fs$

$= wh$

$= 50 \times 6$

$= 300\ J$

এখানে,

$F = W = 50\ N$

$s = h = 6\ m$

∴ প্রদত্ত শক্তি = কার্যকর শক্তি + অপচয়কৃত শক্তি

$= (300 + 70)\ J$

$= 370\ J$

(Ans)

Q 2 kg ভরের একটি বস্তু ভূ-পৃষ্ঠ হতে 15 m উপরে আছে। নিচে ফেলে দিলে এটি ভূ-পৃষ্ঠকে $10 ms^{-1}$ বেগে আঘাত করে। পতনের সময় স্থিতিশক্তি এবং বস্তুটির উপর ক্রিয়ারত ঘর্ষণজনিত ব্যয়িত শক্তি ও ঘর্ষণ বল কত হবে?

→ এখানে, স্থিতিশক্তি = ঘর্ষণে ব্যয়িত শক্তি + চূড়ান্ত গতিশক্তি

$mgh = Fh + \frac{1}{2}mv^2$

$\Rightarrow Fh = mgh - \frac{1}{2}mv^2$ [পক্ষান্তর করে]

$= 2 \times 9.8 \times 15 - \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2$

$= 194$ J (Ans)

$\Rightarrow F = \frac{194}{h}$

$= \frac{194}{15}$

$= 12.9$ N (Ans)

এখানে,

$m = 2$ kg

$h = 15$ m

$v = 10 ms^{-1}$

ক্ষমতা, বল ও বেগের মধ্যে সম্পর্ক :

মনে করি, কোনো বস্তুর উপর F বল t সময় ধরে ক্রিয়া করল। এই সময়ে যদি বস্তুটি প্রযুক্ত বলের অভিমুখে S দূরত্ব সরে যায়, তবে ঐ বল দ্বারা কাজ,

$W = FS$

আবার, ক্ষমতা,

$$P = \frac{W}{t}$$

$$= \frac{FS}{t} \quad \left[\because v = \frac{S}{t}\right]$$

$$\boxed{P = Fv} \text{ ——— (i)}$$

CamScanner

বস্তুর সরণ প্রযুক্ত বলের অভিমুখে না হয়ে যদি এর সঙ্গে θ কোণে ক্রিয়াশীল হয় তবে, ক্ষমতা,

$$P = FV\cos\theta$$

এই সমীকরণ দুটি ভেক্টরের স্কেলার গুণফল বোঝায়।

$$\therefore P = \vec{F}.\vec{V}$$

Q. 3430 w ক্ষমতা সম্পন্ন একটি মটর চালিত পাম্প দ্বারা একটি কূপ হতে গড়ে 7.20m উচ্চতায় পানি উঠানো হয়। মটরের দক্ষতা 90% হলে প্রতি মিনিটে কত কিলোগ্রাম পানি উঠে?

→ আমরা জানি,

$$P' = \eta P$$

$$\Rightarrow \frac{mgh}{t} = \eta P$$

$$\Rightarrow m = \frac{\eta P t}{gh}$$

$$= \frac{0.9 \times 3430 \times 60}{9.8 \times 7.20}$$

$$= 26.25 \text{ kg}$$

(Ans)

এখানে,

$P = 3430$ w

$\eta = 90\%$

$= \frac{90}{100} = \frac{9}{10}$

$= 0.9$

$h = 7.20$ m

$t = 1$ min

$= 60$ s

$m = ?$

Q একটি কুয়া থেকে ইঞ্জিনের সাহায্যে প্রতি মিনিটে 1000 kg পানি 10 m গড় উচ্চতায় উঠানো হয়। যদি ইঞ্জিনটির ক্ষমতা 40% নষ্ট হয়, তাহলে এর অশ্বক্ষমতা নির্ণয় কর।

→ ইঞ্জিনটির ক্ষমতা $\eta = (100-40)\% = 60\%$
$= 0.6$

আমরা জানি,

$P' = \eta P$

$\Rightarrow P = \dfrac{P'}{\eta}$

$= \dfrac{mgh/t}{\eta}$

$= \dfrac{mgh}{t\eta}$

$= \dfrac{1000 \times 9.8 \times 10}{60 \times 0.6}$

$= 2.72 \times 10^3$ W
$= 3.65$ HP (Ans)

এখানে,
$m = 1000$ kg
$h = 10$ m
$t = 1$ min $= 60$ s
$\eta = 0.6$
1 HP $= 746$ W
P(HP) $= ?$

Q একটি পানিপূর্ণ কুয়ার গভীরতা ও ব্যাস যথাক্রমে 10 m ও 4 m। একটি পাম্প 20 min এ কুয়াটিকে পানি শূন্য করতে পারে। পাম্পের অশ্বক্ষমতা নির্ণয় কর।

→ আমরা জানি,

$$P = \frac{mg\bar{h}}{t}$$

$$= \frac{\rho V g\bar{h}}{t} \quad \left[\because \rho = \frac{m}{V}\right]$$

$$= \frac{\pi r^2 l \rho g\bar{h}}{t} \quad \left[\because V = \pi r^2 l\right]$$

$$= \frac{3.14 \times 2^2 \times 10^3 \times 9.8 \times 5}{1200}$$

$$= 5128.67 \text{ W}$$

$$= \frac{5128.67}{746} \text{ HP}$$

$$= 6.87 \text{ HP (Ans)}$$

এখানে,

$l = 10$ m

$r = \frac{d}{2} = \frac{4}{2} = 2$ m

$t = 20$ min $= 1200$ s

$\rho = 10^3$ kg m^{-3}

$\bar{h} = \frac{0+10}{2}$ m $= 5$ m

$P = ?$ (HP)

গড় উচ্চতা $= \bar{h}$